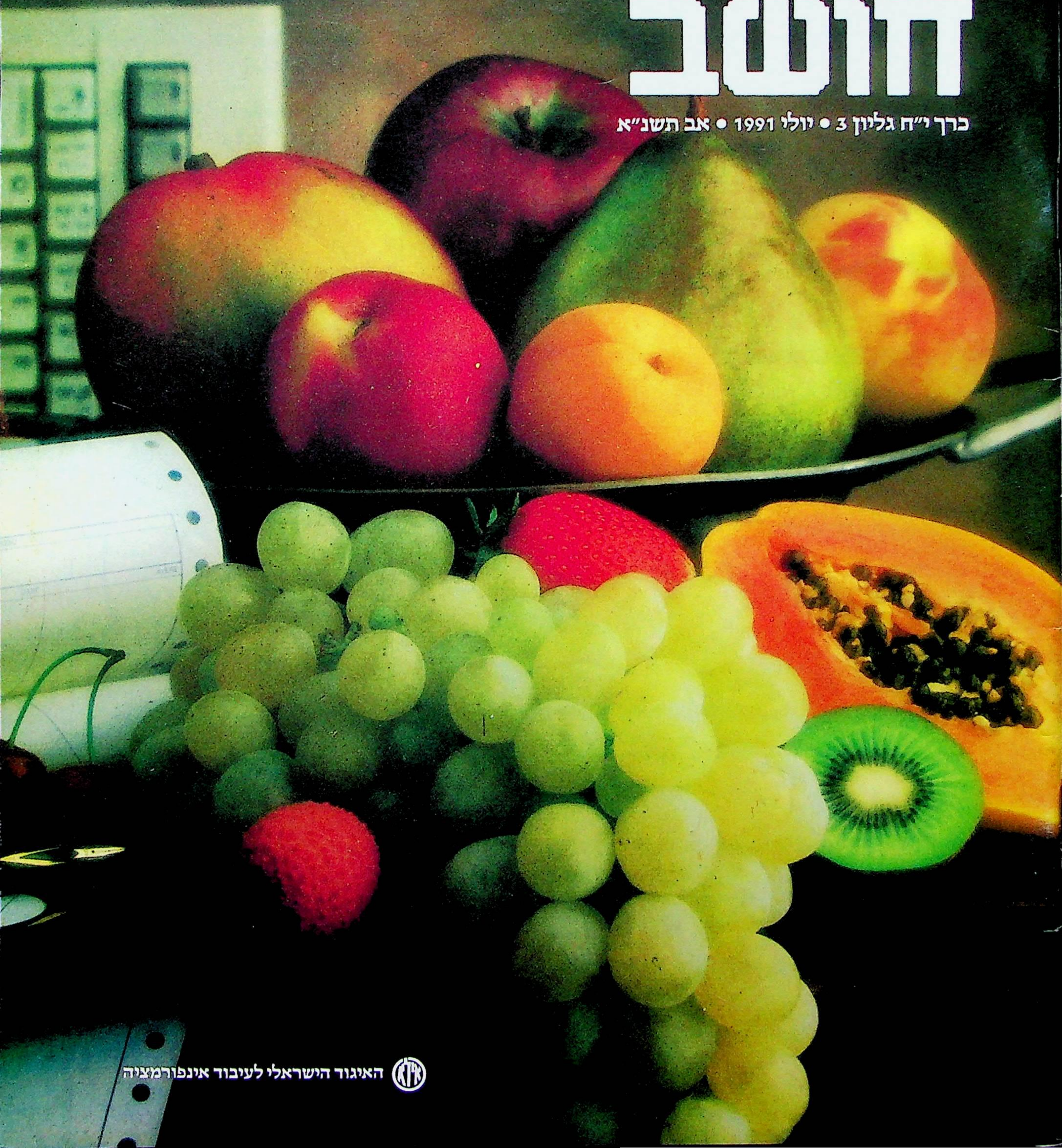
מעשה חושב

כרך י"ח גליון 3 • יולי 1991 • אב תשנ"א



האיגוד הישראלי לעיבוד אינפורמציה

digital

פיתחת תוכנה שאתה רוצה לייצא?

דיגיטל פתוחה תמיד לרעיונות חדשים. במיוחד לטובים שבהם. מאות סניפים ואלפי אנשי מכירות, בכל רחבי תבל ובכל מגזר אפשרי, יכולים לפתוח לך הזדמנויות חדשות לייצוא.

למידע נוסף (או לקבלת מדבקת הייצוא של דיגיטל) **שלח לנו את הפרטים העיקריים לפקס: 052-593202.**



דיגיטל. הכל משתלב.

מעשה חושב

כרך י"ח גליון 3 • יולי 1991 • אב תשנ"א • INFORMATION PROCESSING ASSOCIATION OF ISRAEL • האיגוד הישראלי לעיבוד אינפורמציה

תוכן הענינים

ISSN 030-142X
עורכת ראשית: בת־עמי סדן
עורכת: אלינער רבין
מערכת: רוני בריזון
אליהו הכהן
שאול לביא
מזכירת המערכת: רותי קופרמן
מתרגמים: רלה מזלי, אירית ארב, יעקב מיטב
כתובת המערכת: איל"א ת.ד. 919
כפר המכביה 52109
טל. 03-715770 03-715772
משרדי איל"א בירושלים: ת.ד. 13009
טל. 02-420257 02-415032
פרסום: יצחק שלזינגר
טל. 03-9248064 03-5616879
דפוס "חדקל" בע"מ, ת"א

ממשקים לתוכנת יישומים משפטיים

מאמר זה בוחן את האפשרויות השונות לממשק אדם–מכונה של מערכות מחשב ליישומים משפטיים. הוא מראה כי ממשק זה חייב לשקף Coroutining של מספר תהליכים תומכים. יש לבנות אותו תוך שימוש במה שמכונה מודל השוק, בהבדל ממודל המסדרון. אספקטים נוספים של ממשק המשתמש, שהם ייחודיים לתחום המשפטי, נדונים אף הם במאמר ומודגמים באמצעות מערכת הנמצאת כיום בשלבי פיתוח.

אינטגרציה של CASE עם מסגרת של הנדסת תוכנה

מסגרת ה־SE הנדונה במאמר היא SEFR (software engineering framework), מערכת שאומצה על ידי ממשלת ישראל בתור הפרוצדורה הרשמית לפיתוח ולאחזקה של כל מערכות המידע שלה. SEFR (ידועה יותר בשמה העברי מפת"ח) נמצאת עדיין בתהליך של הטמעה ושילובה עם כלי CASE מועיל בהחלט בתהליך זה.

טעם של פעם



נשים ומיחשוב

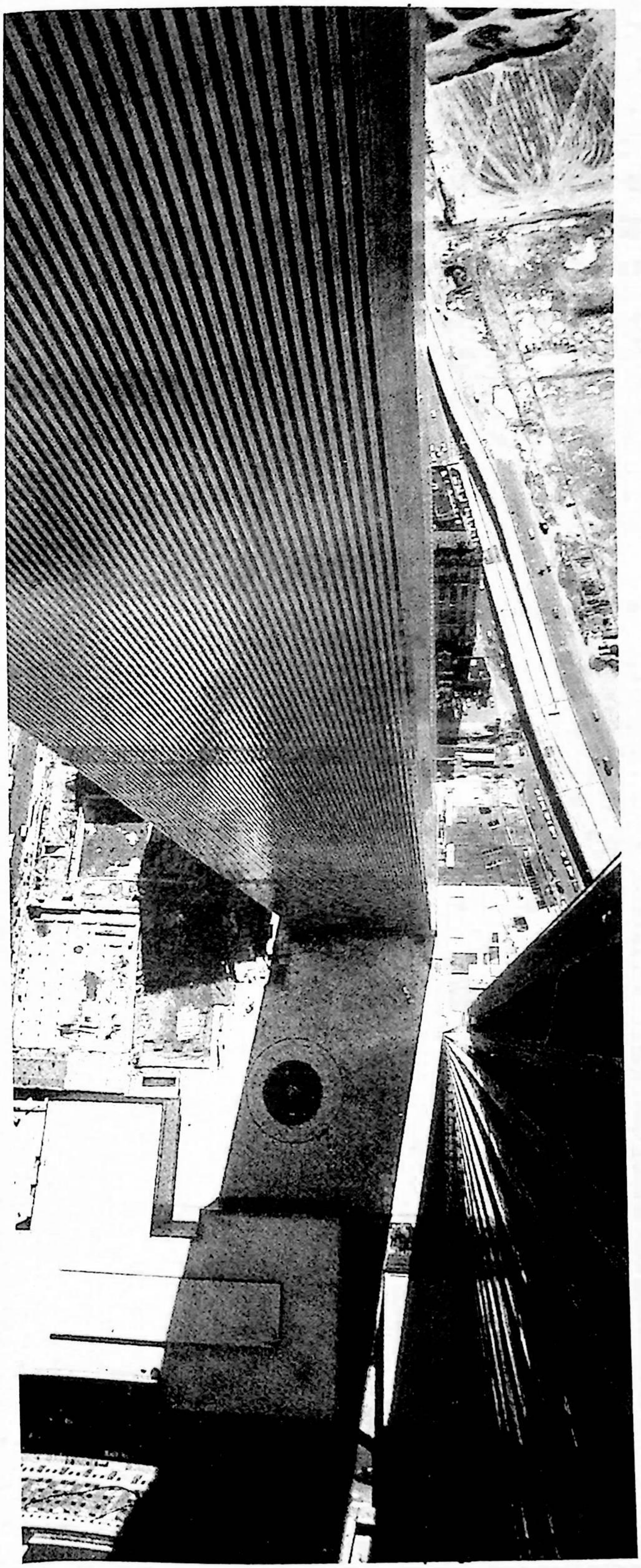


יש עדות מצטברת לכך שנשים רבות הבוחרות בקריירה בתחום המיחשוב, נושרות מן האקדמיה או בוחרות שלא להמשיך לתואר מתקדם ומצטרפות תחת זאת לתעשיה. משום כך מספר הנשים באקדמיה בתחום מדעי המחשב וכן בתעשית המחשבים, נמוך באורח לא פרופורציונלי. מצב זה עלול להיות מונצח למשך כמה דורות, שכן מחקרים שונים מורים על ירידה הדרגתית ברמת הענין במיחשוב אצל נערות בגילאי בית ספר יסודי עד תיכון.

תקופת חרום היא שעת מבחן למערכות המידע



תקופת חרום היא שעת מבחן למערכות המידע. דווקא בשעה שכזו, המחשוב ושירותיו חיוניים וקריטיים יותר לתפקוד המשק והחברה בעורף ובחזית. לכן אם רצוננו להבטיח כשירות ניהולית במהלך שעת החרום ולהישרד גם לאחר המלחמה, אנו מחוייבים לעשות את כל שנדרש ונחוץ לקראת מבחני תקופות החרום.



ממשקים לתוכנת יישומים משפטיים

אורי י. שילד, המחלקה למתמטיקה ומדעי המחשב,
אוניברסיטת בר־אילן

מאמר זה בוחן את האפשרויות השונות לממשק אדם–מכונה של מערכות מחשב ליישומים משפטיים. הוא מראה כי ממשק זה חייב לשקף coroutining של מספר תהליכים תומכים. יש לבנות אותו תוך שימוש במה שמכונה מודל השוק, בהבדל ממודל המסדרון. אספקטים נוספים של ממשק המשתמש, שהם ייחודיים לתחום המשפטי, נדונים אף הם במאמר ומודגמים באמצעות מערכת הנמצאת כיום בשלבי פיתוח.

מאמר זה הוצג בכינוס הישראלי החמישי להנדסת מערכות ממוחשבות ולהנדסת תוכנה שהתקיים במלון דניאל ב־29–28 במאי 1991. אושר לפרסום על ידי ועדת התכנית של הכנס.

מבוא

את התוכנה ליישומים משפטיים ניתן לחלק לשלושה סוגים:
1. יישומים משרדיים כלליים.
2. מערכות קלסיות לאחזור טקסטים.
3. מערכות המבצעות הדמיה של חשיבה משפטית.

שני הסוגים הראשונים משותפים לתחומי יישומים רבים ולא נדון בהם כאן. אולם בעיותיו הייחודיות של שטח המשפט עולות בעוצמה רבה בסוג האחרון. הדיון הבא יתייחס, על כן, לתחום זה.

מטרתנו במאמר זה:
1) לתאר שיקולים המובילים להחלטה על סוג ממשק המשתמש שיש ליצרו עבור מערכת מסוג זה.
2) לדון בדרך תכנונה וביצועה של מערכת כזאת.

המאמר מתאר מערכת מחשב משפטית מסויימת הנמצאת כיום בשלבי פיתוח. מערכת זו תהווה דוגמה שתשמש לאחר מכן את חלקו הכללי של המאמר. בהמשך מובאת בחינת הכוונה ב"חשיבה משפטית" והדגמה כי מערכת מחשב להדמיה של חשיבה משפטית חייבת להיות הן מערכת תומכת החלטות (Decision Support System) והן מערכת מומחית (Expert System). נוסף לכך מובא ממשק אדם-מכונה (MMI) של מערכת תומכת החלטות המשולבת במערכת מומחית (שתיקרא להלן EDSS). מובא דיון בבעית שקילת האפשרויות וכיצד להציג משקלים מעין אלה בממשק המשתמש, טיפול במודלים לממשקים ובעית השימוש בהיפר-טקסט במערכות משפטיות.

מערכת תמיכה בגזרי-דין

מבט כולל

מערכת מחשב משפטית הנמצאת בשלבי פיתוח באוניברסיטת בר-אילן מיועדת להעניק לשופט תמיכת החלטה נבונה בהטלת גזר דין. עובדה ידועה היא שהטלות גזר דין הן בלתי-אחידות. שופטים שונים עשויים להטיל גזרי דין שונים מאוד במקרים כמעט זהים. מטרת המערכת - לכוון את השופט בשיקוליו ולהבטיח הגינות מירבית בתהליך זה.

מרבית מערכות המחשב המשפטיות נבנו בעבר כאב-טיפוס בלבד, והממשקים שלהן לא נבנו מתוך נסיון לקחת בחשבון את המשתמש או להתחשב בו. מערכת זו אף היא אב-טיפוס, אך המטרה הסופית היא מערכת פועלת לשימוש ממשי בבתי המשפט בישראל. על כן השקענו מאמץ רב בתכנון ופיתוח ממשק המשתמש.

למערכת שלושה מרכיבים, שכולם נמצאים כיום בשלבי בניה:
1) המרכיב הסטטיסטי, המסוגל לאחזר נתונים סטטיסטיים שהם רלבנטיים לפשע שבוצע ולפרטי המבצע.

לדוגמה, ניתן לבקש את גזר הדין הממוצע עבור פשע נתון, לקבוצה נתונה של מבצעים, נאמר, גברים בגילאי 35-25.

2) המרכיב הנבון, העושה שימוש בשיטה של "אחזור קונצפטואלי" (ראה [Bing 89], עמ' 168) לאחזור של התקדימים הרלבנטים (ושלהם בלבד).

נניח שקיים, לדוגמה, תקדים בו הקל בית המשפט את גזר דינו של אדם בהתבסס על העובדה שהוא ידוע כאב ובעל טוב. נניח גם כי במקרה שני בנסיבות דומות, הפושע אינו נשוי אך ידוע כי הוא מטפל במסירות בהוריו הקשישים. המרכיב הנבון יוכל ליישם את ידיעתו אודות נסיבות מקילות, להקיש אוטומטית שקיים דמיון בין המקרים ולאחזר את התקדים. מערכת המבוססת על אחזור טקסטואלי קלאסי לא תוכל כמובן לבצע זאת.

3) מרכיב החיזוי, העושה שימוש במודלים מקרימינולוגיה, על מנת לחזות את ההתנהגות של פושע נתון, בהינתן גזר דינו.

לדוגמה, מודל קרימינולוגי עשוי לקבוע מה הפשעים שבהם חוזרים צעירים על פשעיהם לאחר שריצו עונשי מאסר. שופט עשוי, בהתבסס על מודל זה, לגזור על המבצע תקופת מבחן במקרה מסויים.

חלק מן הנתונים הבסיסיים ייטען מן המחשב המרכזי של בתי המשפט. עובדות נוספות, המצריכות הערכות סובייקטיביות של השופט, מושגות באמצעות שאילתות למשתמש. כרגע הרעיון בעיקרו הוא כי השופט יוכל להפעיל כל אחד מן המרכיבים כרצונו. לאחר שקיבל מידע מסוג מסויים ממרכיב אחד - או אפילו במהלך אחזורו של המידע הזה - הוא עשוי להיות מעוניין בקבלת מידע נוסף, תוך שימוש במרכיב אחר. לאחר מכן יוכל לחזור למרכיב הראשון וכך הלאה.

דוגמה ממשית

להלן דוגמה ממשית, הממחישה את צורתה המיוחדת של האינטרקציה בין האדם למכונה בנושא זה.

נניח ששופט עומד לגזור את דינו של אדם שנמצא אשם בשוד מזויין. העונש המירבי הוא 20 שנה (עם או בלי אופטע), והפערים בין גזרי דין שהוטלו על ידי שופטים שונים במקרים דומים נמדדים בשנים. מרבית עובדות המקרה ופרטי הרקע של הפושע ייטענו ממסדי נתונים המצויים במחשבים המרכזיים של בתי המשפט, של המשטרה ושל שירות המבחן. לאחר מכן תשאל המערכת את השופט מספר מצומצם של שאלות בנושאים שרק הוא מסוגל להעריכם. למשל: "האם הפשע היה מזעזע/חמור/שגרתי/קל?" או "מהי מטרת גזר הדין במקרה זה - ענישה/מניעה/שיקום?".

השופט יכול להחליט להשתמש קודם במרכיב הסטטיסטי ולשאול על גזר הדין הממוצע בישראל בעשר השנים האחרונות על שוד מזויין. לאחר מכן הוא עשוי לרצות לאחזר תקדימים הקשורים לגזרי דין של שודדים חסרי עבר פלילי והידועים כבני משפחה נאמנים. פירוש הדבר הוא שימוש במרכיב הנבון. כעת נניח כי המקרה הראשון המאוחזר מתייחס לשוד בלתי מזויין.

השופט עשוי להחליט על עצירת אחזור המקרים, ולחזור למרכיב הסטטיסטי כדי לשאול על גזר הדין הממוצע לשוד בלתי מזויין ולאחר מכן לחזור שוב לאחזור התקדימים.

נניח שהטיפול התייחס עד כה לגזר דין למטרות ענישה. אם השופט מחליט כעת כי הוא רוצה לשקול מחדש את המקרה מנקודת המבט של גזר דין שיקומי, הוא יכול להתחיל מההתחלה באינטרקציה עם המערכת, תוך יישום המרכיב הרצוי לו.

לבסוף, לאחר בדיקת תקדימים, וכן טיעונים קרימינולוגיים ונתונים סטטיסטיים המייצגים גישות שונות ומובילים למסקנת שונות, השופט מקבל החלטה. המערכת סייעה לו באחזור מידע רלבנטי ויישום מודלים שונים, אך ההחלטה הסופית היא שלו בלבד.

תוכנת יישומים משפטיים

DSS או ES?

אפשר להגדיר מערכת תומכת החלטות (DSS) (ראה [Beerel 87], עמ' 15) כמערכת מחשב המיועדת לספק מידע שנחשב רלבנטי לקבלת החלטה נתונה. DSS מספקת תמיכה למקבל ההחלטה, אך אינה מחליפה אותו. מערכת מומחית (ES) ניתן להגדיר (ראה [Beerel 87], עמ' 16) כמערכת העושה שימוש במומחיות על מנת להגיע לרמת ביצוע הדומה לזו המושגת על ידי מומחים מיומנים במיוחד. המערכת מתוכננת להתייחס לבעיות מורכבות ולהסביר את תהליכי החשיבה שלה.

הבחנות רווחות מסויימות אינן מנוסחות במפורש בהגדרות הללו: ל־DSS אין בהכרח מומחיות, ולעתים קרובות ES מקבלת החלטות, או לפחות מדרגת מספר תשובות אפשריות על פי סכימה מוגדרת מראש. אולם, ניתן גם לבחון מערכת משולבת EDSS (Expert Decision Support System) הכוללת ומיישמת את המומחיות על מנת להבחות ולתמוך במשתמש, אך מותירה בידיו את ההחלטה הסופית. ברור כי המערכת המתוארת בסעיף הקודם מהווה EDSS. אך על כל מערכת מחשב ליישומים משפטיים להיות EDSS.

דומה כי שני עניינים הם בעלי חשיבות יסודית בהקשר לאדריכלות המערכת:

1) הידע המיוחד הדרוש לביצוע חשיבה משפטית.
2) הדו־צדדיות המאפיינת מהלכי טיעון משפטיים.

מערכת מחשב משפטית צריכה לטפל במקרה היפותטי או ממשי ובתוצאות שלו בבית המשפט, תוך נסיון להגיע לסוג החשיבה המיושם על ידי עורך דין או שופט. אם מדובר במקרה פלילי, המערכת תוכל אולי לטפל בגזר הדין שיטיל השופט, כמתואר בפרק "מערכת תמיכת גזרי דין".

כאשר מומחה משפטי מקבל או חוזה החלטה, הוא מבסס זאת על הידע המיוחד שלו אודות החקיקה הרלבנטית, התקדימים והאינטרפרטציות שלהם. ידע כזה אינו עומד לרשותו של מי שאינו מקצועי בתחום. במלים אחרות, מערכת מחשב משפטית מן הסוג שאנו דנים בה חייבת שתהיה לה מומחיות – היא חייבת להיות ES. נכון כי לעתים קרובות העובדות במקרה נתון מצביעות על החלטה ברורה מאליה, והיא זו שתספק המערכת כמובן. אולם, המקרים המעניינים הם אלה שיש בהם יסוד לקבלת החלטה נתונה ובו בזמן לקבלת החלטה הפוכה בתכלית. חשיבה מסוג זה מיוצגת בטענות המובאות על ידי עורכי הדין של שני הצדדים בבית המשפט.

עד שההחלטה מתקבלת על ידי שופט בבית המשפט, על כל הצדדים המעורבים במשפט לבחון את כל האפשרויות ואת כל התוצאות האפשריות של עובדות המקרה. לכן, מערכת מחשב המותאמת לחשיבה משפטית לא צריכה על פי רוב לקבל כלל החלטות סופיות. היא חייבת להציג את כל האפשרויות בפני המשתמש שלה, או, במלים אחרות, להוות DSS.

ממשק אדם–מכונה עבור EDSS

מהסעיף הקודם אפשר להסיק כי EDSS בתחום המשפטי חייב בראש ובראשונה לאחזר ולהציג בפני המשתמש את החקיקה הרלבנטית, התקדימים (כלומר, הדוחות המשפטיים) הנוגעים לעניין וכו'.

בדיון בממשק של מערכת מעין זו, נציג את המסקנות כשורת עקרונות ליישום על ידי בוני מערכות עתידיים.

קודם כל, על המשתמש לספק כקלט את עובדות המקרה. כפי שראינו לעיל, חלק מן העובדות האלה שוליות (שמות, מקומות וכדו'), אחרות מצריכות מסקנה של המשתמש (לדוגמה, הערכת תפקידו של הפושע בחבורה: מנהיג, חבר פעיל, חבר פסיבי וכו'). חשוב מאוד שחלק מן העובדות האלה יישמר כל העת על המסך. המשתמש יניח לעתים קרובות הנחה ברורה כלשהי בעת מתן התשובה, אך לאחר השימוש במערכת הוא עשוי לרצות לחזור, לשנות אותה ולהריץ מחדש את כל התהליך. כך, במהלך הביצוע, צריכה להיות לו אפשרות לסקור את הנחות היסוד ששימשו את ההפעלה הנוכחית.

עקרון מס' 1: על פי רוב אפשר שעובדות בסיסיות תהיינה מוסתרות כשהממשק מציג את ביצוע התוצאות של פעילות נתונה. אולם, אם אלה עובדות סוביקטיביות, והפעילות תלויה בבחירה בהן, השאר אותן על המסך כל העת.

שנית, על הממשק לאפשר למשתמש לבחור חלק מן הפריטים המוזכרים לעיל. דוחות משפטיים הם לעתים קרובות ארוכים, כך שחשוב שהמשתמש יאחזר תחילה את התמצית המובאת בתחילת המאמר ומסייעת לו להחליט לגבי הרלבנטיות. הצעד הבא עשוי להיות אחזור הפריט עצמו.

עקרון מס' 2: אם הידע העומד לאחזור הוא הירכי (כדוגמת התמצית – דוח משפטי) התחל בפריט הקטן ביותר והקל ביותר לבחינה, תוך השארת אחזור הפריט הגדול יותר כאופציה.

נניח שהממשק משתמש בחלונות. אפשר לדמיין את הפורמט הבא. העובדות הבסיסיות יוצגו בחלון אחד בעוד התמציות יוצגו בחלון אחר. דוח נתון שיוזמן יוכל להיות מוצג בחלון שלישי.

זהו מבנה בעייתי משהו. הטכנולוגיה של היום מאפשרת שימוש במסכים מוגדלים שניתן להציג עליהם כמות גדולה של נתונים בו־זמנית. אולם, לעת עתה, המקצועות המשפטיים משתמשים כמעט אך ורק בציוד PC ובמסכים הסטנדרטיים המשווקים בדרך כלל לצרכי עיבוד תמלילים (הנחשב עדיין על ידי אנשי התחום ליישום הממוחשב המרכזי העומד לרשותם). יתר על כן, כפי שמצויין בעקרון מס' 1, יש מידע מסויים שחייב להישאר על המסך כל העת.

עקרון מס' 3: השתמש בחלונות ובחפיפה חלקית של חלונות בכל הזדמנות אפשרית. תכנן את ארגון החלונות בזהירות, אך אל תצפה מן הטכנולוגיה הזאת לפתור את הבעיה של עודף מידע יחסית למסך קטן מדי. נסה למצוא את הפורמט האופטימלי בדרך של ניסוי וטעיה (ניסוי מואץ של אבי־טיפוס).

בעית השקילה

ניתן לטעון כי ה־EDSS המשפטי יכול לפעול בדרך הבאה, שהיא דומה למדי למערכות מחשב בתחומי יישום אחרים. לאחר חישוב האפשרויות השונות לפתרון בעיה נתונה, המערכת מדרגת את

האפשרויות ומציגה אותן באורח ממויין למשתמש. אז, כך אפשר להניח, יתייחס המשתמש באמון הגדול ביותר לפתרון שדורג הגבוה ביותר, באמון יותר קטן לפתרון שדורג שני וכך הלאה.

יש, עם זאת, מספר בעיות הכרוכות בהתאמת משקלים מספריים בתחום המשפטי:

1. התאמת המשקלים בעייתית מאוד בכל תחום יישומי ואולי אף יותר בשטח המשפטי. גם חיזוי האינטרקציות בין הגורמים השונים קשה ביותר.
2. צמצום לכדי משקלים מספריים מקשה ביותר על אחזור מידע סימבולי הדרוש לשיטת החשיבה הרווחת בתחום.
3. מומחים בתחום המשפטי פשוט אינם חושבים במונחים של סכימות שקילה.

כמובן, חשיבה בשטח מבוסס־מקרים מציגה את הצורך בסוג כלשהו של איזון וקח־ותן בין הגורמים. הנסיון שלנו במקרים אחדים הראה כי מומחים משפטיים התנגדו לשימוש במשקלים מספריים במערכות מחשב. "מיון דרגות בתור 1, 2 או 3 הוא לא טוב," הם אמרו. "למה לא להשתמש ב'קטן', 'ביניני' או 'גדול'?" זה לא אומר שמודלים מטושטשים יאומצו אוטומטית, שכן אותם מומחים משפטיים מתנגדים בתקיפות לאופרציות המוגדרות בסכימות השונות של לוגיקה מטושטשת (fuzzy logic). לדיון נוסף בחוסר ההתאמה של השימוש בשיטות הסתברותיות או שיטות של לוגיקה מטושטשת בחשיבה משפטית ראה ([Schild91], סעיף 1.6.3].

עקרון מס׳ 4: אל תראה כלל למשתמש משקלים מספריים. השתמש רק בהגדרות לא מספריות, כמו 'קטן', 'ביניני' ו־'גדול'. אל תתפתה להוסיף משקלים כאלה בכל אופרציה. תוצאותיהן לא תתקבלנה ע״י המשתמש.

בעיה אחרת מתעוררת בקשר לערכים מספריים טהורים ולקבוצות ממוספרות סידורית. כבר הזכרנו שהמשתמש חייב להכניס למערכת קלט בסיסי הנוגע לבעיה שלו, וכי הקלט הזה מצריך לא אחת הערכה סובייקטיבית של המשתמש. הנסיון מראה כי אפילו ממשק ממונע־תפריט המציג למשתמש רשימת תשובות אפשריות לבחירה, אינו מתקבל באהדה. מערכת קנדית לשופטים ביקשה מן המשתמש לתת תשובות סובייקטיביות כגון: "במידת מה, אבל לא חמור"; "משמעותי"; "לא, אין קשר, חסר משמעות" לשש עד עשר שאלות. נמצא שהשופטים התנגדו לצורך זה בהערכה סובייקטיבית ובמהלך שלב הקלט הפרויקט הופסק מסיבה זו בדיוק ([Doob88]). המערכת שלנו להטלת גזרי דין מגבילה את מספר השאלות מן הסוג הזה לשלוש.

עקרון מס׳ 5: אם מושג מן המשתמש קלט הדורש הערכות סובייקטיביות, יש לדאוג שמספר השאלות יישאר מזערי ולנסות לנסח את השאלות כך שניתן יהיה להשיב עליהן אך ורק בכן/לא, או לפחות לספק להן ברירת מחדל.

מודל הממשק

מודל המסדרון ומודל השוק

תפיסת הדיאלוג הרב־סיבי (multithread) (לעומת הדיאלוג העקיב או סקוונציאלי) מתייחסת בדרך כלל למצב שבו עומדים לרשות המחשב ריבוי של מסלולי מטלות בכל רגע נתון במהלך הדו־שיח ([Hartson89], עמ׳ 9). המערכת המתוארת לעיל עושה ללא ספק שימוש בדיאלוג רב־סיבי, אך המושג הזה אינו מהווה ייצוג ממצה של המודל.

נגדיר שני סוגי מודלים של ממשקים, תוך שימוש בטרמינולוגיה של ([Galtung89]). מודל המסדרון מתאר את סוג הממשק המתאים לתכניות בהן מובל המשתמש דרך כל מהלך הביצוע. המערכת יכולה להשתמש כמובן בתפריטים וכדו׳, על מנת לקבל מידע (כולל מידע בקרה) אך המסלול שבו עובר המשתמש במערכת מוגדר בעיקרון מראש. מערכות מומחה רבות עושות שימוש באדריכלות זו בממשק. הדו־שיח עשוי להיות הן סקוונציאלי והן רב־סיבי.

מודל השוק מאפשר למשתמש לבחור מה יהיה הצעד הבא בכל נקודה בתכנית (דו־שיח רב־סיבי). עם קבלת ההחלטה כיצד להמשיך, המשתמש אינו מסיים בהכרח את המטלה שבה עסק קודם לכן. הוא יכול להשהות אותה ולחזור אליה בכל רגע, כשהוא מסיים או משהה את המטלה החדשה. סימון המעבר ממטלה אחת לשניה צריך להיעשות בדרך הפשוטה ביותר האפשרית, למשל על ידי טקטוק בעכבר. אין, אם כך, שום שביל קבוע מראש למעבר במערכת.

מצב נפוץ למדי הוא מערכת המורכבת ממספר רכיבים אינטרקטיביים. המשתמש מבקש להגיע לאינטרקציה עם כל מרכיב, אך לא על פי סדר קבוע מראש. בדרך כלל יעשה המשתמש שימוש במידע המוצג על ידי הממשק בנקודה מסויימת, על מנת להחליט כיצד להמשיך בביצוע. מודל השוק ניתן בנקל ליישום תוך התייחסות למצב מעין זה, על ידי בניית המרכיבים הבודדים בשימוש בקו־רוטינות (coroutines).

נראה שגישת מודל השוק יותר ידידותית למשתמש מאשר מודל המסדרון. יתר על כן, מערכת תומכת החלטות העושה שימוש במספר חלקים באינטרקציה להנחיית המשתמש, מסוגלת לעתים קרובות להשתמש באדריכלות זו באורח פורה ביותר. המשתמש מקבל יתרונות אופטימליים מן היכולת לנוע ממרכיב אחד למשנהו על פי בחירתו.

נתבונן שוב במערכת שלנו לתמיכה בהטלת גזר דין. לא ידוע כיצד מקבל שופט החלטה על תוצאת משפט או על גזר דין, ולא מוצע כרגע שום מודל קוגניטיבי של התהליך הזה. האופציה המוצעת על ידי מודל השוק, דהיינו, השארת בחירת המסלול בידי המשתמש, היא על כן הולמת ונוחה.

ראוי להעיר כאן כי לא יכול להיות הבדל בין מערכות משפטיות עבור שופטים, למערכות משפטיות עבור עורכי דין. עורך דין חייב תמיד לנסות להעמיד את עצמו במקום השופט ולחזות את קווי החשיבה השונים שהשופט עשוי לבחור בהם.

עקרון מס׳ 6: אם ה־EDSS המשפטית משתמשת בגישה יחידה בלבד בקביעת תמיכתה במשתמש, אזי מודל המסדרון הוא המתאים יותר לממשק. אך אם קיימים מספר מרכיבים מעין אלה, השימוש במודל השוק יעניק למשתמש יתרונות אופטימליים.

המשתמש חופשי לנוע ממודל אחד לשני, הוא עלול להחליט לא להשתמש כלל באחד המרכיבים. ידוע שחלק מן השופטים אינם מתייחסים לאספקטים הקרימינולוגיים של מקרים נתונים. שופט כזה

עלול בהחלט ליישם את המרכיבים הסטטיסטיים והנבונים, אך לא להשתמש כלל במרכיב הקרימינולוגי.

אין כמובן שום דרך לאלץ שופט להשתמש בגישה מסויימת. חשוב לזכור כי הן על פי טיבם והן על פי ההגדרה, שופטים הם בני האדם העצמאיים ביותר בעולם. אם נניח כי ניתן לקבל החלטות "הוגנות" רק תוך שקילה של כל האספקטים והגישות למקרה הנתון, אזי מחובתו של בונה המערכת לעשות את הממשק כה מושך שהמשתמש "מתפתה" בכיבול ליישם את כל האופציות המוצעות, כולל זו הקרימינולוגית.

דרך אחת לעשות זאת היא להבין, קודם כל, מדוע יש שופטים שאינם מחשיבים את הגישה הקרימינולוגית. נראה שהם אינם רואים את המודלים הקרימינולוגיים השונים כאמינים והם אינם מבינים לחלוטין את מקורם. דרך אחת לנסות להתגבר על בעיה זו, היא לכלול טקסט מסביר בממשק לגבי כל מודל קרימינולוגי.

עקרון מס' 7: אין טעם לבנות מערכת על פי מודל השוק אם לא נעשה כלל שימוש בחלק מן המרכיבים. יש להבטיח כי המשתמש מבין את חשיבותו של כל מרכיב, ולהקל על בחירתו של כל מרכיב.

היפר־טקסט

אחת התוספות של הזמן האחרון לאחזור המידע ולערכת ה־MMI היא תפיסת ההיפר־טקסט ([Conklin87]). היפר־טקסט הוא מבנה לאחסון מסמכים שבו המידע מאוחסן בקודקודיו (nodes) של גרף. קשרים בין קודקודי היפר־טקסט מאפשרים אחזור יעיל של המידע. ניתן להסביר בקצרה את יתרונות ההיפר־טקסט עבור ה־MMI כך: טקסט מודפס מספק שני מימדים של עיבוד מידע, את הליניארי ואת ההיררכי. מערכת היפר־טקסט מתקרבת יותר במבנה שלה אל מבנה העומק של עיבוד אנושי קונספטואלי, בכך שהיא מאפשרת ניווט תלת־מימדי דרך המידע.

על פניו, צריך היה ההיפר־טקסט להיות לעזר רב במערכות מחשב משפטיות. קחו לדוגמה שופט העושה שימוש במערכת לתמיכה בהטלת גזר דין, כשהוא נתקל במושג "ברוטליות". קל לדמיין כיצד יוכל לאחזר תקדימים הרלבנטיים למושג זה על ידי טקטוק פשוט בעכבר, ולהמשיך בתוך תקדים כזה אל פריטי מידע אחרים, באמצעות בחירות נוספות.

אולם, הבעיה היא כי קשרי היפר־טקסט חייבים להיקבע מראש בידי אדם או בסיוע מינימלי של המערכת הממוחשבת. מסדי נתונים משפטיים הם גדולים מאד והבעיה של בניה אוטומטית של אינדקסים וקשרים למסדים מעין אלה אינה ניתנת כיום לפתרון (ראה [Weinberg89], עמ' 8). לעניין המחקר בנושא זה ראה ([Nielsen90]).

עקרון מס' 8: יש בהחלט לשקול את השימוש בטכניקות היפר־טקסט. אך יש לקחת בחשבון השקעת מאמץ גדולה ביותר בקביעת קישור מספיק על מנת שהמערכת תהיה קבילה למשתמש.

מסקנות

מקובל על הכל כי ממשקי משתמשים צריכים להיות ידידותיים למשתמש, אף כי הגדרה מדוייקת למושג זה מוצעת רק לעתים רחוקות מאוד. בתחום המשפטי, עם זאת, ידידותיות שגרתית למשתמש אינה מספקת. בתחום זה, אולי יותר מאשר באחרים, נתקבלים במושג של "עוינות משתמש" ([Lloyd85]), הסיבה לכך אינה ברורה לחלוטין. ידוע שאנשי מקצוע בתחום המשפטי הם שמרנים מאוד, אך לא מובן מה גורם להם להיות כאלה יותר מאשר לבעלי מקצועות אחרים. יתכן שמקור עוינות המשתמש מצוי בעובדה שהם נאלצו לקיים בעבר אינטרקציה עם המערכות הקיימות לאחזור מידע משפטי. מומחים סבורים שאלה מערכות קלות יחסית לשימוש, אך השופט או עורך הדין המצוי הוא אולי מומחה בתחומו, אבל לא משתמש מומחה במערכת ממוחשבת (ראה [Bing89], עמ' 166).

זה זמן רב ידוע כי על מנת ליצור ממשק אדם–מכונה מוצלח יש לבנות קודם מודל־משתמש (ראה [Thimbleby84]). בשטח המשפטי אין אפשרות להגדיר מודל כזה במפורש מבלי לעשות שימוש ברעיונות קוגניטיביים מפוקפקים. על כן, כדי לצמצם למינימום עוינות זו למשתמש, הגישה שנקטנו היתה לפתח את העקרונות המפורטים לעיל. אף על פי כן, גם אם כל העקרונות הללו מיושמים, צריך להיות ברור כי יש לפתח את ה־MMI תוך שימוש במודל האב־טיפוס המואץ. שכן, רק על ידי קבלת היזון חוזר מיידי מהמשתמש, ניתן להבטיח כי הממשק מתפתח בכיוון הנכון.

רשימת ספרות

[Beerel87] Beerel A.
Expert Systems: Strategic Implications and Applications.
Ellis Horwood Publ., Chichester, 1987.

[Bing89] Bing J.
The Law of Books and the Law of Files.
in: Vandenberghe G. (ed.)
Advanced Topics in Law and Information Technology
Kluwer Publ., 1989, p. 151-182.

[Conklin87] Conklin J.
Hypertext: An Introduction and Survey.
Computer, 20, 1987, p.17-41.

[Doob88] Doob A.N., Park N.W.
Computerized Sentencing Information for Judges
Criminal Law Quarterly, 30, 1987-88, p.54-72.

[Galtung89] Xcite - An Expert System for Naturalization Case
2nd International Conference on AI and La
Vancouver 1989.

[Hartson89] Hartson H.R., Hix D.
Human-Computer Inteface development.
ACM Computing Surveys, 21, 1989, p.5-92.

[Lloyd85] Lloyd M.E.P.
Access to Legal Databases.
Proc. Eighth Symposium on Legal Data Processing in Europe
Council of Europe, 1985, p.127-164.

[Nielsen90] Nielsen J.
The Art of Navigating Hypertext.
CACM, 33, 1989, p.296-310.

[Schild91] Schild U. J.
Expert Systems and Case Law.
Ellis Horwood Publ., Chichester, 1991.

[Thimbleby84] Thimbleby H.
User Interface Design.
in: Monk A. (ed.)
Fundamentals of Human-Computer Interaction.
Academic Press, 1984.

[Weinberg89] Weinberg B.H.
Indexing: The State of Knowledge and the State
our Ignorance.
Learned Information Inc., Medford NJ, 1989.

הכינוס הארצי ה-26 לעיבוד נתונים

משתמשים ומערכות-מידע כמנוף לאינטגרציה ארגונית

קול קורא להגשת מאמרים

מועד ומקום הכינוס

הכינוס הארצי ה-26 של איל"א והתערוכה השנתית הנלווית אליו יתקיימו בימים שלישי ורביעי, 22–23 באוקטובר 1991, בבנייני האומה, בירושלים.

מגמות הכינוס

השנה מציין הכינוס אספקטים ניהוליים וארגוניים של מחשבים ומערכות-מידע. יושם דגש על השימוש במחשבים ומערכות-מידע באמצעים להאצת תהליכי אינטגרציה ארגונית ולשיפור הניהול ברמה האסטרטגית. כן יושם דגש על שיטות וכלים מתקדמים לסיוע בפיתוח מערכות-מידע מורכבות ואינטגרטיביות.

הכינוס יכלול הרצאות ופנלים בהם ישתתפו מומחים ואנשי מקצוע באקדמיה ובמשק, אשר יכסו את התחומים המפורטים להלן ותחומים הקרובים להם.

תחומים מומלצים להגשת הצעות למאמרים

* גישות תיאורטיות לסיווג מערכות-מידע בארגונים על-פי דרגי ניהול ובעיות החלטה העומדות בפניהם.
* מחקרים אמפיריים על השימוש, העלות והתועלת של מערכות-מידע שנועדו לשרת דרגי ניהול שונים.
* ארכיטקטורות של מחשבים (חומרה, תוכנה, תקשורת) לתמיכה במערכות-מידע בארגונים מבוזרים.
* ביזור מול ריכוז המחשוב; השפעת המבנה הארגוני והתפעולי על מבנה וניהול משאבי המחשב.
* מערכות תומכות החלטה ומערכות מומחיות בסביבה ארגונית/ניהולית.
* השפעת שינויים בטכנולוגיות המידע על הארגון ושיטות הניהול.
* מתודולוגיות וכלי הנדסת-תוכנה לתמיכה בפיתוח מערכות-מידע מורכבות, מבוזרות ואינטגרטיביות.
* הנדסת-תוכנה לאחור – למחזור השקעות במערכות-מידע.
* מודלים ושיטות לאינטגרציה של מערכות ובסיסי נתונים.
* טכנולוגיות ומערכות לאחזור-מידע לתמיכה בצרכי ניהול.
* שילוב מקצוענים, משתמשים ומנהלים בתהליכי פיתוח מערכות-מידע.
* הכשרת כח-אדם מקצועי לפיתוח וניהול מערכות-מידע.
* החדרת השימוש במערכות-מידע בקרב משתמשי קצה ומנהלים.
* שילוב עולים חדשים בעלי מקצוע בתחום מחשבים ומערכות-מידע.

הנהלת הכינוס

מר יצחק איש הורביץ – יו"ר הכינוס, מרכז לחיזוי טכנולוגי, אוניברסיטת תל אביב

פרופ' פרץ שובל – יו"ר ועדת התכנית, אוניברסיטת בן גוריון

מר משה גוטליב – יו"ר ועדת הארגון, אוניברסיטת בר אילן

פרופ' ישראל בורוביץ – יו"ר הנהלת איל"א, אוניברסיטת תל אביב

ועדת התכנית

פרופ' פרץ שובל – יו"ר, אוניברסיטת בן גוריון

ד"ר יואל אדיר – רפא"ל (אמי×)

פרופ' ניב אחיטוב – אוניברסיטת תל אביב

פרופ' מרטין גולומביק – מדע וטכנולוגיה – יבמ ישראל (איב"מ)

מר רוממיה הלוי-סגל – אגד

ד"ר חיים וולפסון – אוניברסיטת תל אביב (איר"ם)

ד"ר יעקב ורשבסקי – יבמ ישראל

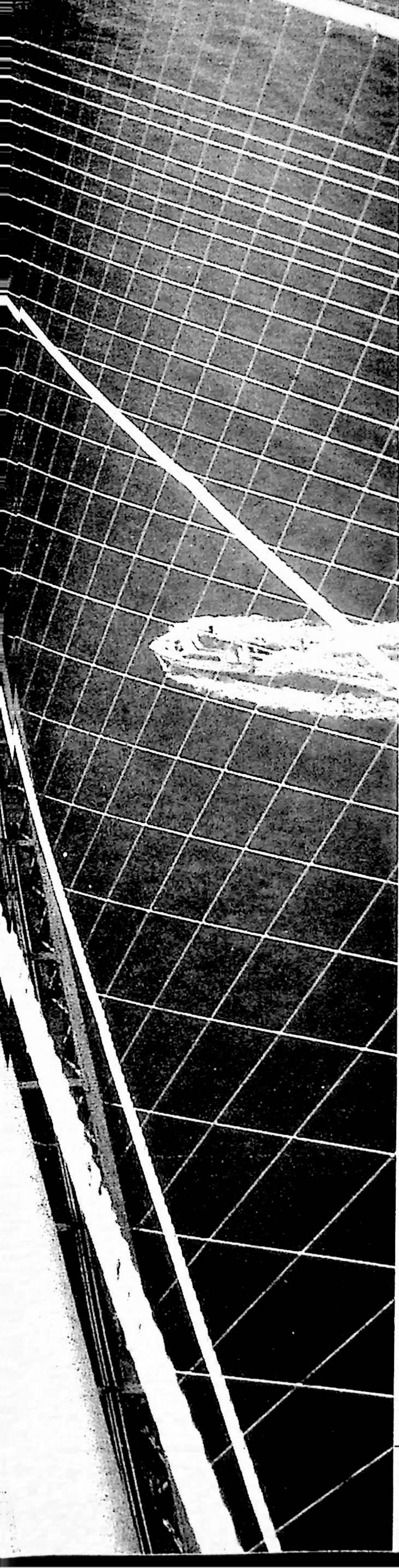
ד"ר מיכה חנני – תרכובות ברום

ד"ר ישעיהו לנג – ל.ד. מחשוב ויועצים (איתי"ם)

ד"ר יואל נורמן – אוניברסיטת חיפה (ארגונומיה)

מר כתריאל צימט – יועץ למחשוב

ד"ר יצחק שמר – יתר, ניהול וטכנולוגיות מידע



אינטגרציה של CASE עם מסגרת של הנדסת תוכנה

אשר יובל

מתודולוגיות להנדסת תוכנה (SE) קיימות כבר זמן רב (למעלה מ־20 שנה) ואת הנסיון המצטבר בשימוש בהן אפשר לסכם ב״ככה ככה״. התפתחות חדשה בתחום היא בכיוון של **מסגרות** (frameworks) להנדסת תוכנה שהן פחות נוקשות, מתמקדות יותר ב״מה״ (במוצר) ופחות ב״איך״ (בתהליך). מסגרות מאפשרות גמישות רבה יותר מאשר מתודולוגיות, ועם זאת הן מציגות מודל מוגדר היטב של מחזור חיי מערכת.

תופעה דומיננטית נוספת בהנדסת המחשבים היא כמובן כניסתם המהירה של כלי ה־CASE המתפקדים על גבי מגוון רחב של מצעי חומרה/תוכנה, וזאת בכל הרמות: במחשבים יחידים (standalone) כמו גם בעמדות עבודה ובסביבות שלמות של הנדסת תוכנה.

שילובן של מסגרות תוכנה עם כלי CASE הוא אם כן תוצאה ״טבעית״ וצפויה. מאמר זה מציג דוגמה של שילוב כזה ודן בהשלכות הכלליות של שילובים מעין אלה.

מסגרת ה־SE הנדונה במאמר היא SEFR (software engineering framework), מערכת שאומצה על ידי ממשלת ישראל בתור הפרוצדורה הרשמית לפיתוח ולאחזקה של כל מערכות המידע שלה. SEFR (ידועה יותר בשמה העברי מפת״ח) נמצאת עדיין בתהליך של הטמעה ושילובה עם כלי CASE מועיל בהחלט בתהליך זה. כלי ה־CASE העיקרי הנדון במאמר זה הוא Suitcase (1) של סיון מחשבים בע״מ.

מאמר זה הוצג בכנס הישראלי להנדסת מערכות ממוחשבות והנדסת תוכנה, שהתקיים ב־28–29 במאי בהרצליה. אושר לפרסום ע״י ועדת התכנית של הכנס.

מבוא

SEFR (מפת"ח) היא מערכת של עקרונות מנחים בהנדסת תוכנה המכסים את כל תהליך הפיתוח והאחזקה של מערכות מידע, כולל הערכה של מערכות קיימות. SEFR אומצה על ידי ממשלת ישראל כנוהל הרשמי לפיתוח ולאחזקה של כל מערכות המידע והתשתית. הגירסה הראשונה של SEFR הוכרזה בדצמבר 1989 והשניה בנובמבר 1990. גירסה 3 צפויה לקראת סוף השנה הנוכחית.

ייחודה של SEFR מצוי בתחומים הבאים:

א. תפיסת עץ המוצר של מערכת המידע (ה: IS bill-of-material).

ב. אריגת ה־IS bill-of-material אל תוך התפיסה הקלסית של מחזור חיי המערכת, דבר המקנה גישת מטריצה חדשנית ל־SE.

ג. יישום תפיסת המסגרת הפתוחה המאפשרת (אך אינה מחייבת) שימוש במגוון של טכניקות וכלים העומדים כבר לרשות הנדסת התוכנה.

ד. שימוש בתקנים וברשימות תיוג מפורטות להגברת האפשרות לשימוש חוזר ולצמצום בעלויות ובלוח הזמנים. תקנים ורשימות תיוג אלה מוכנסים לשימוש לא רק בתחומים טכניים כגון מסדי נתונים ותקשורת, אלא גם בתחומים קשורי־יישומים כגון ממשקי אדם–מכונה ובטיחות מערכות מידע.

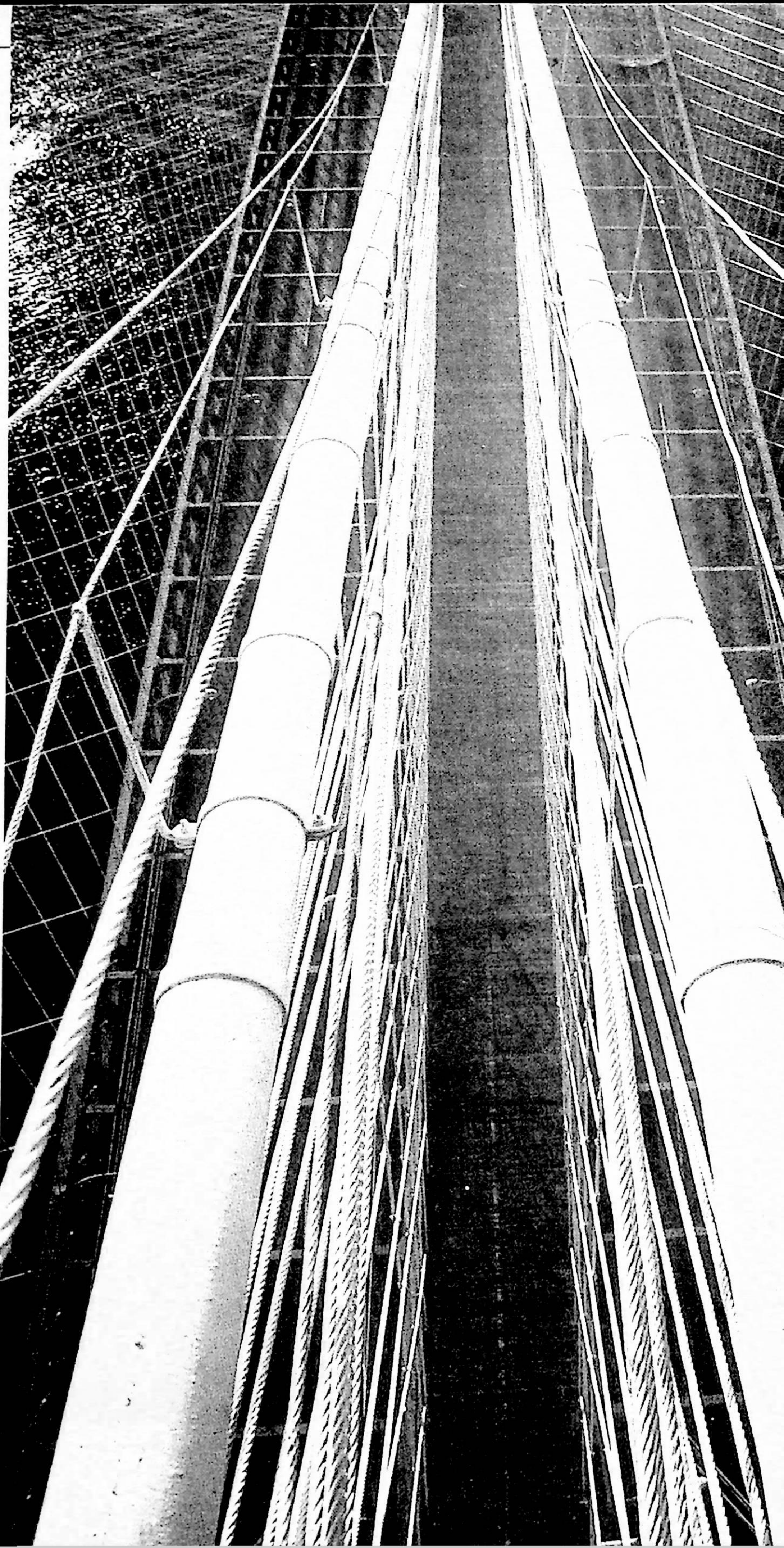
ה. יכולת ליישם את SEFR בכל שלב ביניים במחזור חיי מערכת המידע. למשל, פרויקטים שלא עשו שימוש ב־SEFR בשלבי הניתוח או העיצוב, יכולים להתחיל בכך בשלב מבדקים או אפילו בשלב תחזוקה.

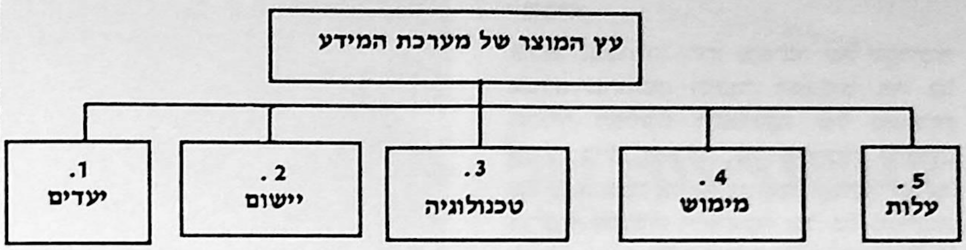
חלק מתכונות SEFR נוגעות ישירות לנושא המאמר, ועל כן הן מוסברות בקצרה בפיסקאות הבאות. פרטים נוספים ניתן למצוא בחוברת מצגת או בתיעוד המלא של SEFR.

מבט כולל על SEFR

הנדסת תוכנה בגישה של עץ מוצר (IS bill-of-material)

ניתן להתייחס למערכת מידע כאל "מוצר" המורכב מרכיבים מוגדרים היטב (עץ מוצר), בדומה לכל מוצר הנדסי אחר. הרכיבים המרכזיים בעץ המוצר של מערכת מידע, כפי שמגדירה אותם SEFR, הם: יעדים, יישום, טכנולוגיה, מימוש ועלות, כמוצג בתרשים מס' 1.





תרשים 1: רכיבי עץ המוצר של מערכת המידע

יעדים: על המערכת לשרת יעדים ברורים ומושגים המשרתים את תפקודו התקין של הארגון. יעדים מוגדרים באופן רחב הכולל ניתוח בעיות, ניתוח עלות/ביצוע, מבנה ארגוני, תכנון איסטרטגי במערכות מידע וכו׳.

יישום: מהווה את מהות המערכת וכולל תת־מערכות, פונקציות, נתונים, תנועות, דוחות, קבצים, פרטי מידע וכך הלאה. במובן מסויים היישום מהווה פירוק לגורמים של המטרות.

טכנולוגיה: מתייחסת למוצרי מדף מוכחים. הכוונה היא לא רק לחומרה ולתקשורת אלא גם לתוכנת מערכת: מסדי נתונים, שפות מחשב, מחוללי יישומים, כלי SE (הנדסת תוכנה) וכן הלאה. הטכנולוגיה מורכבת מכל אותם רכיבים הדרושים לצרכי הפיתוח, ההפעלה והאחזקה של מערכת המידע, והניתנים לרכישה ממקור חיצוני כגון ספק חומרה או בית תוכנה.

מימוש: הוא "מיזוגם" של שאר הרכיבים, ובעיקר של היישום והטכנולוגיה, לכדי פתרון פועל, אם ביניים ואם סופי. המימוש הוא מה "שגורם למערכת המידע לקרות" (3). הוא מורכב מתכנית כוללת של הפרויקט, מן התכנית הספציפית של "הצעד הבא", מן התעוד, מהמרת הנתונים, מתכנית הבדיקה, מארגון ושיטות וכדו׳.

עלות: מהווה חלק מעץ המוצר של מערכת המידע. אם להשתמש באנלוגיה מתחום אחר, מכונית שמחירה הוא $15,000 היא מוצר מסוג שונה ממכונית שמחירה $50,000. על פי SEFR כל העלויות הקשורות במערכת נלקחות בחשבון: ההתקנה, ההפעלה, הוצאות על תצורות מיוחדות וכו׳.

מיון זה טבע מבחינת מערכת המידע בפעולה – ללא ספק היעד הסופי. עץ המוצר של מערכת המידע כולל אם כן את כל הרכיבים הדרושים למערכת מידע פועלת במלוא המובן. לאחר שמיון זה נקבע ועבר ניתוח נוסף, נוספו תת־רכיבים הדרושים לשלבים הנפרדים של מחזור חיי המערכת.

הפירוק לגורמי משנה של עץ מוצר ה־IS הוא:

1. יעדים

1.1 מומחי יישום (משתמש עיקרי)
1.2 יעדי המערכת ומטרותיה
1.3 בעיות טעונות פתרון
1.4 מבנה הארגון
1.5 תכנון איסטרטגי
1.6 תועלת וחסכונות צפויים
1.7 אופק הזמן

2. יישום

2.1 מצב קיים ואפיונים מרכזיים
2.2 משתמשים
2.3 תת־מערכות ופונקציות מרכזיות
2.4 ממשק תפעולי: מסכים ותפריטים
2.5 תהליכים
2.6 טרנזקציות
2.7 מודולים
2.8 Subroutines – שגרות
2.10 טבלאות
2.11 קבצים לוגיים
2.12 קבצים פיזיים
2.13 פריטי נתונים
2.14 מילון מונחים
2.19 אבטחת מידע
2.20 הצלבות וחיתוכים
2.21 עומסים, היקפים וביצועים
2.22 קשר עם יישומים נוספים
2.23 עמידות המערכת
2.24 דרישות מיוחדות

3. טכנולוגיה

3.1 חומרה עיקרית
3.2 אחסון מידע
3.3 ציוד היקפי (תחנת עבודה)
3.4 ציוד מיוחד
3.9 תשתית (סביבה פיזית)
3.10 מערכת הפעלה
3.11 מסד נתונים וארגון קבצים
3.12 מילון נתונים (repository)
3.13 כלי CASE
3.14 מחוללי דוחות ושאילתות
3.15 כלי הפעלה
3.16 כלי אבטחה
3.20 כלי משתמש קצה
3.30 רשת תקשורת מקומית
3.31 רשת תקשורת איזורית
3.32 רשת נתונים ציבורית
3.33 טכנולוגיות משיקות

4. מימוש

4.1 צוותי עבודה וגורמים מעורבים
4.2 תכנית עבודה כוללת
4.3 תכנית לשלב הבא
4.4 הפעלה
4.5 תעוד
4.6 שירות ואחזקה
4.7 אר״ש
4.8 תכנית בדיקה
4.9 תצורות

5. עלות

5.1 עלויות התקנה
5.2 עלויות הפעלה (לתקופה של 5 שנים)
5.3 עלויות תצורה
5.4 עלויות פריטים
5.5 עלות כוללת

הרמה השניה בעץ המוצר של מערכת המידע, הוא סרגל המדידה העיקרי של SEFR התואם את מרבית מערכות המידע. הצעד הראשון ביישום של SEFR הוא בדרך כלל התאמה לאחור של נתוני מערכת המידע הקיימים, כך שיתיישבו עם סרגל המדידה של SEFR. נסיוננו מראה כי לאחר הסרתן של דו־משמעויות בטרמינולוגיה, ניתן למקם את כל הנתונים הקיימים לסעיפים המתאימים בסרגל של SEFR, כפי שאלה נמנו לעיל. לא אחת, לאחר התאמה־לאחור מעין זו, נשארים פתחים אחדים ריקים; דבר זה מעיד בדרך כלל על נושאים בלתי פתורים.

תהליך ההתאמה־לאחור של נתוני מערכת המידע הקיימים אל סרגל המדידה של SEFR מציע שלושה יתרונות מרכזיים:

א. ניתן לבצעו בכל נקודה שהיא במחזור חיי מערכת המידע.

ב. הוא משמש אמצעי מעולה לאבטחת איכות.

ג. הוא מבטיח המשכיות ומעבר מיידי לצעד הבא.

נקודה ב׳ פירושה כי ניתן להרוויח מ־SEFR גם תוך שימוש במתודולוגיות קיימות. נקודות א׳ וג׳ נובעות ישירות מן העובדה כי עץ המוצר של מערכת המידע נותר בעינו לאורך כל מחזור חיי המערכת.

ככלל, SEFR מציעה מודל כולל של עץ מוצר של מערכת המידע, שמתוכו נגזרים עצי המוצר הספציפיים של פרויקטים נפרדים. סרגל המדידה נותר יציב במהלך גזירה זו, ודורש תיקון רק לעתים רחוקות.

מדריך ה־SEFR ותיקי העבודה הנלווים מכילים "מודלים" מפורטים המאפשרים התאמה ייחודית של פרויקטים ספציפיים על ידי מילוי פשוט של "המשבצות הריקות" או ביטול של פריטים בלתי־רלבנטיים מן הרמות הנמוכות של עץ מוצר ה־IS.

פרוק נוסף לגורמים: תקנים, התאמות ושימוש חוזר

מודל כולל של מערכת מידע ה־IS הוא אפשרי היות שהדומה רב מן השונה בין מערכות מידע. אין זה מפתיע למצוא דמיון ברכיבי הטכנולוגיה של מערכות מידע שונות, אך מעניין לגלות דמיון בין רכיבי היישום. תת־הרכיבים של היישום כגון הממשק התפעולי, פריטי מידע, קבצים לוגיים וצרכי בטיחות המערכת הם לעתים קרובות כלליים, יותר משהם ייחודיים למערכת הנתונה, וזאת במיוחד במסגרת ארגון אחד.

המשותף הולך ומתברר עוד יותר עם המשך הפרוק לגורמים של עץ המוצר של מערכת המידע לרמה שלישונית ואפילו רבעונית. רמות אלה מתייחסות בדרך כלל לתקנים רשמיים או לתקנים מעשיים הנהוגים בתחום. הכנסת תקנים בתת־הרכיבים של עץ המוצר, למשל: מערכות הפעלה, תקשורת, שפות, מסדי נתונים ותעוד, היא פשוטה ומיידית. ("הכנסה" מדגישה את הצורך בתקנים בפורמט קריא למכונה על מנת להקל על שילובם בכלי CASE או בכלי תעוד). כאשר אין תקן מוכר, SEFR כוללת רשימת תיוג מפורטת כאמצעי הנחיה, רשימה הניתנת להחלפה עם התבססותו של תקן רשמי או תקן de facto.

כמובן, יש גבול לדרגת הפירוט ש־SEFR מסוגלת לספק ברמה כוללת, כלל־תחומית. לאחר אימוצה על ידי סקטור נתון, כגון הממשלה, ניתן לערוך ב־SEFR התאמה מיוחדת כדי שתכלול הוראות, תקנים ותחומי "שיתוף" האופייניים לאותו סקטור. במקרה של ממשלת ישראל, הותאם גודל ה־SEFR הכללי למילוי צרכיה המיוחדים של הממשלה. לדוגמה, תת־רכיב 2.13 בעץ המוצר של מערכת המידע, מילון של פריטי הנתונים, הוסב למילון פריטי הנתונים התקני של הממשלה.

דבר זה תקף גם ברמה הארגונית. ארגונים העושים שימוש ב־SEFR, כגון חברת החשמל לישראל, עברו תהליך דומה של התאמה ייחודית, תוך תרגום "התרבות" המסויימת שלהם למחזור החיים או לעץ המוצר השניוניים של SEFR.

הרמה הנמוכה ביותר היא זו של הפרויקט. התאמה של רשימות התיוג המפורטות של SEFR, ברמת הפרויקט הבודד, מהוה למעשה את תהליך הבניה של מערכת מידע ספציפית! יש לבדוק "התאמה" מעין זו כנגד עץ המערכת התקני של הארגון.

כל ההסבות וההתאמות הללו אינן מורכבות כפי שאפשר היה לחשוב וזאת מהסיבות הבאות: 1) סרגל המדידה המרכזי של SEFR נותר ללא שינוי ו־2) לעתים רחוקות בלבד מתעורר צורך בשינויים מרחיקי לכת. אפילו ברמות הנמוכות יותר, מערכות המידע של סקטורים רבים בתחום דומות זו לזו יותר משהן שונות זו מזו. אנשי מקצוע מסקטורים שונים, העושים שימוש ב־SEFR, "מדברים באותה שפה" בגלל עץ המערכת הבסיסי המונח ביסוד הדברים. במקום התאמה ייחודית, נתקלים משתמשי SEFR באפשרות השימוש החוזר של רכיבים במערכות מידע שונות, הן ברמת ההגדרות והן ברמה הפיזית.

להלן רשימה חלקית של רשימות התיוג המפורטות או הטפסים המוכנים־מראש



הכלולים ב־SEFR. זיהוין המספרי של הרשימות מתייחס לסעיפים בעץ המערכת:

- 2.4.1: ממשק אדם–מכונה
- 2.13: פריטי נתונים סטנדרטיים
- 2.19: כללי אבטחת מידע
- 2.21: תכנון קיבולת (capacity planning)
- 3.10: אפיוני מערכת ההפעלה
- 3.11: מסד נתונים, אפיונים
- 3.12: אפיוני מילון נתונים (repository)
- 3.13: כלי CASE, אפיונים
- 3.30: הנחיות לרישות תקשורת מקומית
- 3.31: הנחיות לרישות תקשורת איזורית
- 4.6: שיקולי אר"ש
- 4.7: מבנה מדריך למשתמש
- 5.5: מודל סיכום עלות

בנוסף, SEFR כוללת נספחים מקצועיים רבים המכסים נושאים כגון ניהול תצורה, ניהול פרויקטים, שיתוף המשתמש, שיקופים, סיכומים להנהלה וכדו'.

גישת המטריצה

תפיסת עץ המוצר אינה מחליפה אלא משלימה את תפיסת מחזור החיים. SEFR מציגה מודל מלא של מחזור חיים הדומה מאד למודלים המקובלים (4), והמכיל את השלבים הקלסיים של ניתוח, עיצוב, קידוד, בדיקה וכו'. עם זאת, SEFR מדגישה את קשר הגומלין בין עץ המוצר ומחזור החיים ואת התלות ההדדית שלהם לכל אורך פיתוח מערכת המידע ואחזקתה.

קשר הגומלין בין עץ המוצר ומחזור החיים מוצג בתרשים מס' 2. (תוכן המטריצה שבתרשים מהווה דוגמה).

מבט אופקי בתרשים מס' 2 יגלה את המעבר של כל רכיב בודד, עם התקדמות מחזור החיים של הפרויקט. יעדים, לדוגמה, נתפסים כ"משוערים" בשלב הייזום, "משוערים חלקית" בשלב הניתוח, ולבסוף "גמורים" בשלב העיצוב. אולם הרכיב הוא תמיד "יעדים". החשוב הוא שעץ המוצר של מערכת המידע בכללותו, וכל רכיב בנפרד, נותרים ללא שינוי עקרוני לאורך כל מחזור החיים!

הציר האנכי מציג את תרומתו של כל שלב במחזור החיים לקידומו של עץ המערכת. כל טור מציג את מצב כל רכיבי המערכת בשלב נתון. ניתן להעריך כל שלב במונחים של התקדמות רכיבי מערכת המידע; שלב שבו אין התקדמות בשום רכיב (בתוך פרויקט נתון) הוא שלב מיותר.

בשנים האחרונות הושם דגש על מחזור חיי המערכת, כאשר כל מתודולוגיה מתיימרת להציג מודל ייחודי. הספירלה (5) וה־W (6) הם שתי דוגמאות חדשות יחסית. ואולם, בטווח הארוך ההבדלים בין המודלים השונים של מחזור החיים הם מזעריים. בה בעת הוקדשה תשומת לב משנית בלבד למוצרי מערכות המידע ואלה נגזרו בדרך כלל ממחזור החיים, כשהתוצאות היו חוסר עקביות, חוסר יכולת מעקב ובעיות המשכיות.

SEFR הופכת את הסדר ונותנת קדימות למוצרי IS במודל עץ המערכת. SEFR אף מרחיקה לכת מעבר לכך כשהיא מראה כיצד מתפתח מחזור החיים מעץ המוצר של מערכת המידע. עץ המוצר מקשר בין השלבים השונים במחזור החיים, ויוצר אחידות ותאימות ביניהם.

מסגרת פתוחה

SEFR מצטרפת לגישה יותר ויותר מקובלת, בהשתמשה במסגרת פתוחה במקום במתודולוגיה. מסגרת פתוחה מציעה מספר יתרונות בולטים:

1. היא מתמקדת בנושא המרכזי – במוצר (ב"מה") ולא בתהליך (ב"איך").
2. היא רלבנטית למגוון רחב של סביבות חומרה ותוכנה.
3. היא מאפשרת שימוש במתודולוגיות שונות, כלי CASE שונים וטכניקות שונות, וזאת בשילובים רבים ומשתנים.
4. היא מותירה מקום ל"סגנון אישי" ול"תרבות מקומית".
5. היא מתאימה היטב לתפיסת המערכות הפתוחות.

דוגמה מובילה של מסגרת פתוחה היא DOD-2167 המצהירה בבירור: "תקן זה אינו מכוון לחייב או לשלול את השימוש בשיטה נתונה כלשהי של פיתוח תוכנה." (6).

התפיסה של מסגרת פתוחה וגישת עץ המוצר של מערכת המידע משלימות זו את זו ב־SEFR, והתוצאה היא שילוב רב־עוצמה ופורה. כפי שהוסבר למעלה, מודל עץ המוצר הכללי של מערכת המידע המשמש את SEFR, מכיל רשימות תיוג מפורטות ומתייחס לתקנים, אך בו בזמן משאיר מקום לביטוי "סגנון אישי" ו"תרבות מקומית".

שילוב זה מתאים במיוחד לסקטור הממשלתי, החייב בעמידה בתקנים ופרוצדורות רשמיים, ובו בזמן מהווה סביבה הטרוגנית ומפוזרת פיזית. המדיניות הממשלתית ב־EDP מבוססת בדרך כלל על העקרונות הבאים:

1. גיוון בחומרה ותוכנה.
2. הימנעות מתלות בספק יחיד.
3. עמידה בתקנים.
4. נהלים ריכוזיים ואחידים לצד יישום והפעלה מבוזרים.
5. שימוש מירבי בחידושים טכנולוגיים, במיוחד בעלי כדאיות כלכלית.

תרשים 2: מודל המטריצה

עץ המוצר של מערכת המידע	ייזום	איפיון	עיצוב	בדיקות	תחזוקה
1. יעדים 1.1	משוערים	מוגדרים	מוגמרים	מוחזקים	פועלים היטב
2. יישום 2.1	משוער	מוגדר	מוגמר	פועל היטב	דרישות חדשות
3. טכנולוגיה 3.1	בלתי ידועה	אב־טיפוס	מוגמרת	התאמה מתמדת	טעונה החלפה
....					
4. מימוש 4.1	בלתי ידוע	מוגדר חלקית	מוגמר	מוחזק	מצריך שינויים.
....					
5. עלות 5.1	אומדן	אב־טיפוס	מוגמר	חורג מהתוכנית	מצריך שינוי

6. ניצול מקורות חוץ (outsourcing) והעסקת ספקי EDP, תוך עידודם לנצל את המומחיות והכלים שלהם עצמם.

SEFR שימושית במיוחד במימוש עקרונות אלה. שילובו של עץ המוצר במחזור החיים, כלומר גישת המטריצה, מספק מסגרת כוללת בעלת השלכות מרובות, במיוחד עבור הסקטור הממשלתי. השלכה משמעותית נוספת היא יכולתה של SEFR לשרת הן אנשי EDP מקצועיים והן עובדים מתחומים אחרים המעורבים בתהליך מימושה של מערכת מידע, כגון מבקרים ומנהלים בכל הדרגים. בהמשך מוצגות מספר דוגמאות ספציפיות הממחישות את רמת הכוללנות של SEFR.

SEFR מתאימה במיוחד לסקטור הממשלתי. אפשרות השילוב שלה בכלי CASE היא בעלת חשיבות מוגברת בסקטור זה.

שילוב של עקרונות מסגרת ו־CASE

מסגרת (או לצורך הענין גם מתודולוגיה, כל נוהל שהוא) אינה מהווה בשום פנים ואופן תחליף לכלי הנדסי. חכמה וכוללנית ככל שתהיה, מסגרת אינה מבטלת את הצורך בכלים ובטכניקות, במלים אחרות ב־CASE. גם ההיפך נכון. שום כלי או טכניקה לא יוכלו להועיל אם ייעשה השימוש בהם במנותק מהקשר של תהליך SE מסודר ומוגדר היטב.

אינטגרציה בין מסגרות SE לכלי CASE היא על כן צורך חיוני ביותר; היא מהווה למעשה את ציון הדרך העיקרי בשנים הקרובות בתחום ה־SE.

שילוב נכון בין מסגרת SE לבין כלי CASE חייב להיבנות לאור הנקודות הבאות:

א. על המסגרת להימנע מפיתוח סביבת CASE משלה. עליה לאפשר את המבחר הרחב ביותר האפשרי של כלי CASE קיימים ועתידיים.

ב. על חומרי המסגרת (מדריכים, תעוד, פורמטים, טפסים וכו') להיות זמינים בפורמט מוכן־למכונה על מנת להקל על הכנסתה לסביבת הנדסת התוכנה הנתונה.

ג. על המסגרת לסייע בתהליך בחירתו והתקנתו של כלי CASE מסויים וכן של סביבת ה־SE כולה.

ד. אחרון והכי חשוב, על כלי ה־CASE לתמוך במסגרת, כשהם מפיקים את המוצרים הרצויים, כגון תעוד, תוך שמירה על התכונות המקוריות שלהם.

ככלל, המסגרת צריכה להיות כללית ובלתי־תלויה בסביבה הנתונה. עליה להישאר ברמה המושגית, בעוד כלי ה־CASE חייבים להיות ספציפיים, קונקרטיים ויעילים.

יתרת המאמר תראה כיצד SEFR ממלאת את הדרישות שפורטו לעיל (א'–ד'), במלואן. היא תדגים כיצד ממלאת SEFR אחר דרישות א' ו־ב' (ומצדיקה בכך את התואר preCASE), כיצד היא מסייעת בבחירת כלי CASE (דרישה ג') וכיצד CASE מסוים, suitCase (1), מיישם בהצלחה את SEFR (דרישה ד').

SEFR כ־preCASE

SEFR מורכבת מן הפריטים הבאים:

1. מדריך מלא למשתמש;
2. שלושה מסמכי תבנית (תיקי עבודה) לשלבי האפיון, הבדיקה והאחזקה;
3. מספר דיסקטים לעבודה אינטרקטיבית בתחנת עבודה של מחשב אישי.

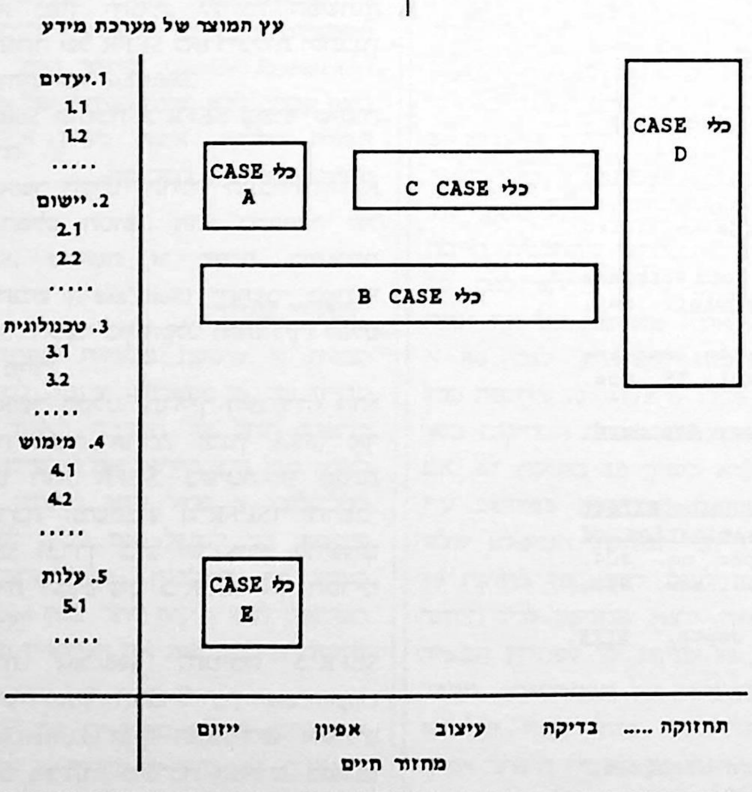
השימוש בדיסקטים מאפשר למשתמש למלא טפסים מוכנים מראש, לנצל מסמכים שלדיים ולעבוד עם גליונות אלקטרוניים מוכנים. אולם המיכון הוא חלקי בלבד, בכוונה, שכן פתרון מלא ניתן להשיג רק תוך שימוש בכלי CASE המותאמים לסביבת הנדסת התוכנה הספציפית של הארגון או המפעל. למעשה, ניתן לראות בדיסקטים של SEFR, preCASE שתפקידו העיקרי הוא להקל על הכנסת SEFR לסביבת הנדסת התוכנה.

בחירת כלי CASE

SEFR משמשת אמצעי הנחיה מצויין לבחירה של כלי CASE ספציפיים, וכן לתכנון של סביבת SE כוללת (SEE).

בחירתו ויישומו של כלי CASE יחיד, שלא לדבר על SEE, הן מטלות יקרות וממושכות מאוד (8), המצריכות בחינה מדוקדקת והערכה של תכונות ואמצעים שונים. הספרות המקצועית מציעה ריבוי של רשימות תיוג טכניות לסיוע במטלה זו (9), אך חסרה שיטה למיון ראשוני של כלי CASE. הכרחי לקבוע קודם את מטרתו הכוללת של כלי ה־CASE: איזה סוג כלי זה? לאיזה חלק של מחזור החיים הוא מתאים? מהי מטרתו העיקרית? רק לאחר מיון כזה יש טעם בשימוש ברשימות הבדיקה שהוזכרו. SEFR מספקת קיום מנחים אוניברסליים וקלים ליישום בדיוק ביחס למיון ראשוני זה.

תוך שימוש במטריצה מתרשים מס' 2, ניתן למפות בנקל את כלי ה־CASE, כפי שמראה תרשים מס' 3.



תרשים 3: שיטת SEFR למיון מחזור כלי CASE

המטריצה מציגה ריבועי Xi, Yi המייצגים את היחס בין תת־רכיב Yi בעץ המוצר של מערכת המידע, לבין שלב Xi במחזור חיי המערכת. כלי CASE "המכסה" ריבוע Xi, Yi מקדם את תת־רכיב Yi בשלב Xi. לדוגמה, כלי E מתייחס לעלות מערכת המידע בשלב האפיון. כלי CASE יכולים לכסות יותר מריבוע אחד ולהתייחס, למשל, לטור שלם (כשהם מנחים את רכיב Yi על פני מחזור החיים כולו) או לעמודה שלמה (כשהם מבצעים את שלב Xi עבור כל אחד מרכיבי עץ מוצר ה־IS). כלי C, לדוגמה, מתייחס לרכיב היישום במהלך שלבי התכנון והבדיקה.

בעזרת המטריצה בתרשים מס' 3 ניתן לאשר כי רבים מכלי הניתוח המוצעים כיום בשוק מכסים את רכיב היישום בלבד, וכי דרושים כלים נוספים להשלמת שלב האפיון. מטריצה זו שימושית גם לצורך הבחנה בין כלי ה־UpperCase וה־LowerCase. בתור תרגיל, הקורא יכול למשל להשתמש במטריצה למיון הכלים הבאים: ניהול פרויקטים, אמדן עלויות ותכנון קיבולת.

תפירת SuitCase לתמיכה ב־SEFR

א. תפירתו של SuitCase לתמיכה ב־SEFR היתה תהליך פשוט למדי ומיידי. היא הושלמה תוך פחות מחודשיים בהשקעה של 1.5 חודשי אדם. ניתן לייחס ערך זה, שהוא נמוך יחסית, לגישה הפשוטה והפתוחה של SEFR לאדריכלות ולתכנון הפתוחים של SuitCase.

ב. SuitCase תומכת ב־SEFR בשתי שיטות עבודה:

1. כאשר הקלט (תהליך העבודה), ולא רק הפלט הסופי, הוא בתפישה של SEFR. בשיטה זו מנתח המערכת (משתמש ה־SuitCase) "חושב" במונחי SEFR והקשר בין הקלט (התהליך) לפלט הוא מיידי.
2. כאשר הקלט (תהליך העבודה) הוא במתודולוגיה אחרת (כגון SSA) אך הפלט הוא SEFR. בשיטה זו מנתח המערכת (משתמש ה־SEFR) "חושב" ב־SSA ובדרך כלל יש צורך להשלים פריטים המופיעים ב־SEFR אך חסרים ב־SSA.

ג. תפירת SuitCase לתמיכה ב־SEFR הדגישה את ההבדל בין UpperCase ל־LowerCase ובין התפקידים השונים שלהם בפיתוח מערכת המידע. כמו־כן היא מדגישה את הצורך בהכנסת כלי CASE נוספים. דבר זה גרם ל־SuitCase לנסות להרחיב את תחום התלות שלו מתחום של כלי UpperCase ספציפי לתחום של SEE עם יכולת לייבא/לייצא מ־/אל כלי CASE נוספים. בעוד ש־SEFR סיפקה את המסגרת הכוללת והגדירה את המקומות המדוייקים שאליהם צריכים כלי ה־CASE האחרים להתאים, סיפק SuitCase את המצע הממשי.

סיכום: מסגרת SE ו־CASE – ההרכב המנצח

מיזוגן של מסגרות SE וכלי CASE הוא ללא ספק המסלול בו תתקדם הנדסת התוכנה בעתיד הקרוב. כלי ה־CASE הם המכשירים הטכניים שבהם צריכים מהנדסי תוכנה לעשות את עבודתם, בעוד המסגרת מהווה דיסציפלינה הנדסית המעצבת את מכלול כלי ה־CASE לכדי סביבה מסודרת, פוריה. מאמר זה מדגים כיצד אפשרי מיזוג מעין זה. הנסיון שנצבר עד כה מעודד בהחלט, וניתן לצפות למיזוגה העתידי של SEFR עם כלי CASE נוספים. היות שסביבת המחשבים בקרב הסקטור הממשלתי לישראל מגוונת ביותר ומכילה כמעט את כל סוגי החומרה והתוכנה המוצעים כיום בשוק, ניתן לצפות לפתרון עתידי כולל ל־SE.

References

1) Sivan Computers, Ltd. Shd. Yehudit 24, Tel Aviv.
2) Yuval, A. SEFR: Framework for the Development and Maintenance of Government Information Systems, (1989), (in Hebrew).
3) Pressman, Roger. S. Making Software Engineering Happen. New Jersey: Prentice Hall (1988).
4) IEEE Software Engineering Standards - third edition, IEEE, SH12534, (May, 1990).
5) Boehm, Barry W., "A Spiral Model of Software Development and Enhancement," Computer, May, 1988 (61-72).
6) Goldberg, R. "Software engineering: An emerging discipline". IBM Systems Journal, Vol. 25, Nos. 3/4, (1986).
7) Department of Defense (USA), Military Standard: Defense System Software Development, DOD-STD-2167A, February, 1988.
8) Ariav, G. and Orlikowsky, W. The Bounding Effect of IS Design Tools: A Critical Examination of CASE Technology, CRIS working paper no. 204, The Leonard N. Stern School of Business, NYU, March (1989).
9) Tazelaar, J.M. et al. "CASE - In depth," BYTE 14, (April, 1989).

General references:

i Gibbs, N. E. "The SEI Education Program," Communications of the ACM, (May, 1989).
ii Sommerville, I. Software Engineering, Addison-Wesley, (1989).

בינה מלאכותית ובעיית N המלכות

נחמן גבעולי

בועידת ירושלים האחרונה לטכנולוגיה של המידע, שהתקיימה באוקטובר 1990, שמענו על עבודתם של שני מדענים סיניים מאוניברסיטת נובה סקושה שבקנדה, גאו (Q.S. GAU) והו (S.J. HAU). שמה הרשמי של ההרצאה היה: "מערכת גילוי המסוגלת לפתור את בעיית N המלכות תוך סיבוך חישובי קבוע." שם זה מחייב כמה הסברים.

המדובר בבעיה של הצבת N מלכות על לוח שחמט בן NxN משבצות, כך שאף שתיים מהן לא תאיימנה זו על זו. רבים מכירים בעיה זו על גבי לוח השחמט הרגיל (שבו N=8), ויודעים כי לא קל לפתור אותה. למעשה יש לה יותר מפתרון אחד, כפי שנראה להלן.

לבעיה הכללית יש פתרונות לכל N גדול מ־3, וישנן כמה תכניות מחשב כלליות, כמו התכנית המפורסמת GPS (ראשי תיבות של "פותרת בעיות כללית"), שלכאורה מסוגלות לפתור את הבעיה. אלא שלדברי המרצה, כאשר N גדל נעשית המטלה כה כבדה, עד שאינה ניתנת לפיתרון בשיטת GPS תוך זמן סביר. לטענתו, כאשר N=50, למשל, יידרשו לתכנית 10 בחזקת 25 שנים בכדי לפותרה במחשב־על, המבצע אלף טריליוני פעולות בשנייה! תקופת זמן זו ארוכה לאין שיעור יותר מגיל היקום. הבה נבדוק אם אין זו הערכה מוגזמת.

מספרי ענק

ברור, קודם־כל, שהבעיה כשלעצמה איננה בעלת דרגת סיבוך קבועה: ככל ש־N גדול יותר, גדל גם מספר האפשרויות להצבת N מלכות על הלוח. כיון שרוב האפשרויות האלו אינן מהוות פיתרון, יש לבדוק מספר גדל והולך של מצבים כדי לאתר את הפתרונות.

מספר האפשרויות להצבת N מלכות על לוח בן NxN משבצות שוות למספר הצרופים של N עצמים שונים מתוך קבוצה של N–בריבוע עצמים. לגבי N=50 זהו מספר עצום, אבל אפשר להקטינו בהרבה אם נזכור כי בכל עמודה של הלוח צריכה לעמוד מלכה אחת ויחידה. בעמודה א' יש למלכה 50 אפשרויות הצבה; על כל אחת מהן יש 50 אפשרויות הצבה למלכה בעמודה ב', וכן הלאה. בסה"כ יש אפוא 50 בחזקת 50 אפשרויות להצבת המלכות. גם זהו מספר ענקי, בן 85 ספרות. ברם, אפשר להקטינו עוד יותר אם נביא בחשבון שכל מלכה צריכה לעמוד גם בשורה נפרדת. אם נסמן ב־Y את מקומה של המלכה שבעמודה X, ונרשום את המספרים Y לפי סדר העמודות, נקבל סדרה של מספרי Y שכולם שונים זה מזה, והפיתרון הוא תמורה מסויימת של אברי הסדרה, המכילה את כל המספרים השלמים מ־1 עד 50. מספר התמורות האפשריות של 50 אברים הוא 50–עצרת. זהו מספר שבו "רק" 64 ספרות.

תכנית חסרת בינה

העצרת של N מסומנת ב־!N. נוסחה הידועה בשם נוסחת הקירוב של סטרלינג מאפשרת לחשב בקירוב את העצרת של מספר N גדול. בנוסחה מופיע N במעריך וגם בבסיס, ולכן, אף כי !N קטן מ־N בחזקת N, עדיין יש לנו עסק עם פונקציה הגדלה מהר יותר אפילו מאשר פונקציה מעריכית. מספר זה, !N, הוא מספר המצבים שהתכנית חייבת לבדוק. בכל מצב עליה לוודא לגבי כל מלכה, שהיא אינה מאיימת על אף אחת מ־(N-1) המלכות האחרות. לגבי N=50 פירוש הדבר $1225 = 50\times49/2$ בדיקות בכל אחד מ־!50 המצבים. מספר הבדיקות בסך הכל הוא אפוא בערך 10 בחזקת 67. אם נניח שכל בדיקה מתבצעת במחשב ע"י פקודה יחידה, וכי המחשב המופלא שלנו מסוגל, כאמור לעיל, לבצע 10 בחזקת 15 פקודות בשנייה, יוצא שנזדקק לכל היותר ל־10 בחזקת 52 שניות עד לפתרון הבעיה (בעצם עד למציאת כל הפתרונות). מספר השניות בשנה הוא מסדר־גודל של 10 בחזקת 7. לפי חשבוננו הבעיה תיפתר אפוא לאחר 10 בחזקת 45 שנים – הרבה יותר מהזמן שנקב המרצה!

"פותרת בעיות כללית"

ההבדל בין שתי ההערכות נובע מהעובדה, שהמרצה לא הסתמך על תכנית "חסרת בינה" הסורקת כאוטומט את כל המצבים האפשריים, אלא על אחת התכניות הקלסיות של בינה מלאכותית – אותה GPS שהוזכרה. "פותרת הבעיות הכללית" נכתבה בשנות החמישים ע"י שלושה חוקרים אמריקאיים – ניוול, שו וסיימון (*Newell, Shaw and Simon*) – במטרה לחקות את דרך מחשבתו של אדם בפתרון בעיות. התכנית מציבה לעצמה יעדי ביניים הנראים לה כמקרבים אותה אל המטרה, ובכל שלב היא אומדת מחדש את מידת הצלחתה. בבעיית N המלכות, למשל, ברגע שהתכנית מוצאת שאחת המלכות מאיימת על מלכה אחרת, היא יודעת שזו אינה הדרך למטרה, ואינה ממשיכה לבדוק את יתר המלכות שבאותו מצב. לאדם זהו כמובן רעיון אלמנטרי, אבל הוא לא הובא כלל בחשבון בניתוח שעשינו לעיל.

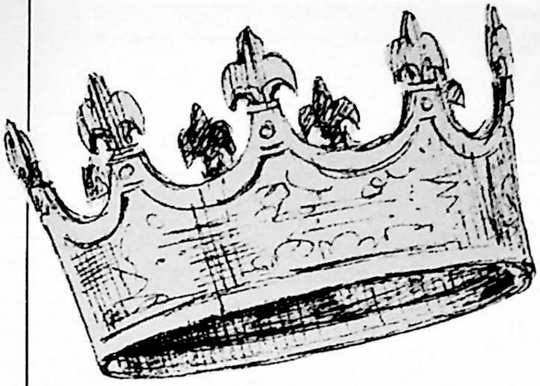
כאמור, גם GPS לא תוכל לפתור את בעיית N המלכות בזמן סביר. תכניתם של שני החוקרים הסיניים, הנקראת "חוקר צעיר" (*Junior Researcher*), עושה זאת, לטענתם, בזמן קבוע, ללא תלות בגודלו של N. גם זוהי תכנית כללית, אשר בעיית N המלכות משמשת לה רק להדגמה.

"חוקר צעיר"

תכנית זו עוסקת בבעיות שפתרונן הוא סדרה של N מספרים, ומנסה למצוא כלל כלשהו החל על הסדרה כאשר N קטן. לאחר מכן היא בודקת אם היישום של אותו כלל לגבי N גדול יותר מהווה אף הוא פיתרון. כך, למשל, אם עליה לפתור את בעיית 50 המלכות, היא מחפשת את הפיתרון לגבי N קטן יותר, כגון N=4, ומגלה שהסדרה המבטאת את הפיתרון היא

3, 1, 4, 2

המספרים האלה מבטאים את Y, המקום בעמודה, לפי סדר העמודות X (תמונה 1). עכשיו מנסה התכנית למצוא כלל כלשהו המגדיר סדרה זו, ומוצאת, נניח, את הכלל



```
  +---+---+---+---+
4 |   | Q |   |   |
  +---+---+---+---+
3 |   |   |   | Q |
  +---+---+---+---+
2 | Q |   |   |   |
  +---+---+---+---+
1 |   |   | Q |   |
  +---+---+---+---+
    1   2   3   4
```

תמונה 1

הפיתרון היחיד (פרט לסיבובים והשתקפויות) של בעית 4 המלכות.
הוא מיוצג ע"י הסדרה 3, 1, 4, 2, המבטאת את מקומן של המלכות בעמודות, לפי הסדר.

הבא:

כאשר X אינו עולה על N/2, Y = 2X.

אחרת Y = 2X−1−N.

עכשיו היא בודקת אם יישום אותו כלל יכול לספק פיתרון גם למקרה של N=50, ומגלה שהתשובה חיובית!

לא נפרט כאן את כל 50 אברי הסדרה, אבל כאשר N=10, למשל, הסדרה המתקבלת לפי אותו כלל היא (תמונה 2):

2, 4, 6, 8, 10, 1, 3, 5, 7, 9

```
   +---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
10 |   |   |   |   | Q |   |   |   |   |   |
   +---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
 9 |   |   |   |   |   |   |   |   |   | Q |
   +---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
 8 |   |   |   | Q |   |   |   |   |   |   |
   +---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
 7 |   |   |   |   |   |   |   |   | Q |   |
   +---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
 6 |   |   | Q |   |   |   |   |   |   |   |
   +---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
 5 |   |   |   |   |   |   |   | Q |   |   |
   +---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
 4 |   | Q |   |   |   |   |   |   |   |   |
   +---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
 3 |   |   |   |   |   |   | Q |   |   |   |
   +---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
 2 | Q |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
   +---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
 1 |   |   |   |   |   | Q |   |   |   |   |
   +---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
     1   2   3   4   5   6   7   8   9  10
```

תמונה 2

זהו פיתרון מאותו סוג, למקרה של N=10. התכנית "חוקר צעיר" גילתה כי פיתרון זה מתאים לכל המקרים שבהם N מתחלק ב־6 עם שארית 4 או ללא שארית.

פיתרון כללי?

אל תמהר להסיק מכך שמצאנו פיתרון כללי! כאשר N=8, למשל, הכלל האמור אינו מהווה פיתרון, שכן בסדרה המתקבלת

2, 4, 6, 8, 1, 3, 5, 7

– ארבע מן המלכות מאיימות אל ארבע האחרות (בדוק זאת).

למעשה, הכלל האמור חל רק על N המתחלק ב־6 עם שארית 4 או בלי שארית. במקרה של N=8 מצאה התכנית את הפיתרון הבא (תמונה 3):

2, 4, 6, 8, 3, 1, 7, 5

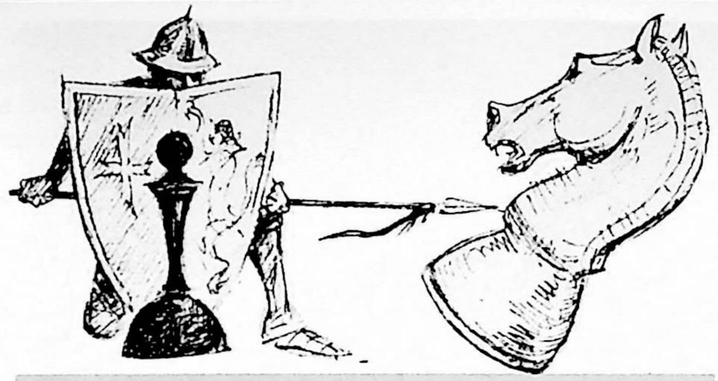
```
  +---+---+---+---+---+---+---+---+
8 |   |   |   | Q |   |   |   |   |
  +---+---+---+---+---+---+---+---+
7 |   |   |   |   |   |   | Q |   |
  +---+---+---+---+---+---+---+---+
6 |   |   | Q |   |   |   |   |   |
  +---+---+---+---+---+---+---+---+
5 |   |   |   |   |   |   |   | Q |
  +---+---+---+---+---+---+---+---+
4 |   | Q |   |   |   |   |   |   |
  +---+---+---+---+---+---+---+---+
3 |   |   |   |   | Q |   |   |   |
  +---+---+---+---+---+---+---+---+
2 | Q |   |   |   |   |   |   |   |
  +---+---+---+---+---+---+---+---+
1 |   |   |   |   |   | Q |   |   |
  +---+---+---+---+---+---+---+---+
    1   2   3   4   5   6   7   8
```



תמונה 3

זהו הפיתרון שהתכנית מצאה למקרה של N=8. פיתרון דומה קיים בכל מקרה ש־N מתחלק ב־12 עם שארית 8.

```
 +---+---+---+---+---+---+---+---+
8!   !   !   !   !   ! Q !   !   !
 +---+---+---+---+---+---+---+---+
7!   !   !   ! Q !   !   !   !   !
 +---+---+---+---+---+---+---+---+
6!   !   !   !   !   !   ! Q !   !
 +---+---+---+---+---+---+---+---+
5! Q !   !   !   !   !   !   !   !
 +---+---+---+---+---+---+---+---+
4!   !   !   !   !   !   !   ! Q !
 +---+---+---+---+---+---+---+---+
3!   ! Q !   !   !   !   !   !   !
 +---+---+---+---+---+---+---+---+
2!   !   !   !   ! Q !   !   !   !
 +---+---+---+---+---+---+---+---+
1!   !   ! Q !   !   !   !   !   !
 +---+---+---+---+---+---+---+---+
   1   2   3   4   5   6   7   8
```



תמונה 4
פיתרון סימטרי למקרה ש־N=8, המבוטא ע"י הסדרה 4, 6, 8, 2, 7, 1, 3, 5. (מרכז הסימטריה הוא מרכז הלוח). האם תוכל למצוא כלל פשוט שלפיו בנויה הסדרה?

והסיקה שהכלל הוא:
כאשר X אינו גדול מ־N/2, Y = 2X,
אחרת, כאשר X זוגי, Y = 2X−N−3,
כאשר X אי־זוגי, Y = 2X−N+1.

התכנית גילתה כי כלל זה תקף בכל המקרים שבהם N מתחלק ב־12 עם שארית 8.

לגבי N=8 קיים גם פיתרון אחר, סימטרי יותר (תמונה 4). האם תוכל למצוא כלל, פשוט ככל האפשר, המגדיר סדרה זו?

התכנית "חוקר צעיר" אכן מצאה פיתרון כללי לבעית N המלכות, ע"י חלוקת המקרה הכללי ל־6 מקרים נפרדים (כאשר N מתחלק ב־12 או ב־6 עם שאריות שונות). ששת המקרים האלה מכסים את כל האפשרויות, והפיתרון בכל מקרה מוגדר ע"י קבוצה של כמה נוסחאות (כאשר X קטן או גדול מ־N/2 וכדומה). לדברי המרצה, הפיתרון הכללי כולו, על כל פרטיו, התגלה ע"י התכנית בפחות מ־10 שניות!



טעם של פעם

אדוארד יורדון

האם זו העת לצלצל בפעמונים החדשים במקום בישנים?

Auld Lang Syne. By Edward Yourdon.
Reprinted with permission, from the October 1990 issue of BYTE Magazine.

Edward Yourdon is a noted software consultant, thinker, editor, and publisher of American Programmer. *You can reach him on BIX c/o "editors".*



כאשר יצא לאור ספרי, Object Oriented Analysis, אותו כתבתי יחד עם Peter Coad (1), לפני כשנה, הוצפתי במבול של קריאות טלפוניות מאנשים ששאלו: "מה קורה כאן? אתה אמור לקדם את כל החומר המובנה הזה! אתה רוצה להגיד לנו שאין יותר תועלת בתרשימי זרימת נתונים?" כמה מהפונים היו סתם סקרנים אך אחרים חשו שהם נבגדו: יתכן ושיניתי את דעותי הפוליטיות או המרתי את דתי או שבעת אהדתי נתונה לבית"ר ירושלים ולא להפועל ירושלים.

מה באמת קורה כאן? האם טכניקות מובנות הן רעות או שעבר זמנן? האם הטכניקות מכוונות האובייקט – ניתוח מכוון אובייקט (OOA), תיכנות מכוון אובייקט (OOP) ועיצוב מכוון אובייקט (OOD) – טובות יותר? האם שנת 1990 תהיה השנה בה עליך לנטוש את השיטות המובנות ולאמץ אל לבך את השיטות מכוונות האובייקט?

קשה לדון בשאלות אלו בצורה נינוחה עם מהנדסי תוכנה רבים, בעיקר עקב ההיסטריה הרגשית, בעזרתה נתמכות ומקודמות המתודולוגיות. טכניקות מובנות, למשל, נתפסו ע"י מספר אנשים בשנות השבעים והשמונים כפתרון לבעיות התפוקה. הנדסת תוכנה בעזרת מחשבים (CASE) קודמה באותה דרך במהלך המחצית השניה של שנות השמונים. כעת, כמה אנשים גורסים שמוכוונות אוביקט תביא את הישועה בשנות התשעים.

בדיוק כפי שהיה בעבר, כמה חברות עטות בחיבוק עז על הטכנולוגיות מוכוונות האובייקט בפנטיות דתית כמעט: במספר ארגונים לעיבוד נתונים, מנותצות כיום הטכניקות המובנות כאילו היו דת של עובדי אלילים של שנות השבעים הרחוקות. בדיוק כפי שהצהיר סיפור הכותרת של Business Week שכלי CASE עשויים "להציל" את עולם העסקים האמריקאי, כיום אתה רואה תקופונים פופולריים המניפים את דגל הטכניקות מוכוונות האובייקט בתרועת מהפכה.

סדקים במבנה

אירוני הדבר שבכמה ארגונים לעיבוד נתונים נחשבות קונספציות העיצוב והניתוח המובנות של שנות השבעים כרעיונות רדיקאליים, המהווים איום על חופש היצירה של האומן שהפך למתכנת. עבור רבים אחרים, שיטות מובנות הפכו אך לאחרונה למכובדות ומעשיות, עם ההתפתחות שחלה בכלי ה־CASE הבנויים סביב ה־386. חיילים אלו של הנדסת התוכנה המצויידים בשריון CASE נוחלים הצלחה לא מעטה תוך שימוש בטכניקות מובנות על מנת לבנות מערכות קונבנציונליות בעלות רמות גבוהות יותר של תפוקה ואיכות מבעבר.

אולם עבור ארגוני עיבוד נתונים אחרים, הפכו השיטות המובנות לבעייתיות. קיימות שלוש בעיות אופייניות עליהן מתלוננים המשתמשים. אחת מהן היא **שמתודולוגיות ניתוח ועיצוב מובנות נוטות להדגיש בצורה חזקה ביותר את מידולן של הפונקציות, תוך שימת דגש נמוכה יותר על מידול הנתונים.** גירסאות חדשניות יותר של ניתוח מובנה תוקפות בעיה זו ע"י שילוב תרשימים של קשרי ישויות, אך צוותי פרוייקטים רבים מתעלמים מהם בבואם למַדל את דרישות המשתמש ומשקיעים את מירב האנרגיה שלהם על תרשימי זרימת הנתונים הנמצאים בכל מקום.

יתכן ואין זה הזמן להטיל את האשמה על המתודולוגיה המובנית, אך המציאות היא שאלפי פרוייקטים חשובים בתחום עיבוד הנתונים עוברים משלב הניתוח לשלב העיצוב רק בעזרת מודל של הפונקציות אותן חייבת המערכת לבצע. באופן דומה, כמה מתודולוגיות למידול נתונים לוקות בשגיאה של הדגשת־יתר של הנתונים תוך הזנחת הפונקציות. מתודולוגיות מוכוונות אובייקט מאגדות במכוון יחדיו את הנתונים ואת הפונקציות בתוך מארז יחיד – האובייקט. חשוב יותר, שיטות הסימון בתרשימים של מרבית מתודולוגיות ב־OOA וה־OOD משתמשות בתרשים משולב אחד המייצג את הפונקציות ואת הנתונים.

תלונה שכיחה אחרת היא **ששיטת הסימון בתרשימי הניתוח והעיצוב המובנים לא מספקת מנגנון יעיל להדגשתם של רכיבים בהם ניתן לעשות שימוש חוזר.** מיחזור הוא כמובן השבועה הצופית: נאמנות, חסכנות ואומץ, אך אף אחד אינו יודע בדיוק כיצד ליישם אותו. באמצעות מנגנון הירושה, מקדמות מתודולוגיות מוכוונות אוביקט את השימוש החוזר ע"י הזמנתם של מפתחי התוכנה ליצור תת־מחלקות חדשות

היורשות תכונות ושיטות (פונקציות) ממחלקות-על שפיתחו בעבר. כשבחנתי את הדרך בה משתמשים אנשים בקונספציה זו במהלך השנים האחרונות, נדהמתי לגלות שהדבר מוביל להבדל מהותי בדרך החשיבה כשבאים לפתח מערכת חדשה.

אנשים המשתמשים בטכניקות מובנות בעקרון הפיתוח שלהם נוטים לשפוט כל פרוייקט חדש כתרגיל מחשבתי שטרם טופל עד היום; ניתוח ועיצוב מתחילים מדף נייר חלק! לעומתם, אנשים המשתמשים בשיטות מוכוונות אובייקט, נוטים להפעיל "עיצוב ע"י הרחבה". כלומר, הם מתייחסים למערכת החדשה אותה התבקשו לפתח כאל הרחבה או עידון של משהו שהם כבר בנו בעבר; לכן הם ניגשים לבעיה ע"י השאלה: "אילו תת-מחלקות חדשות עלי ליצור ומה התכונות שאני צריך לרשת?"

תלונה שלישית היא **ששיטות מובנות מספקות הנחיה מועטה, אם בכלל, בפיתוחו של מימשק המשתמש של המערכת.** שורש הבעיה נעוץ בכך שמתודולוגיות מובנות פותחו בשנות השבעים כאשר ממשקי המשתמש לא היוו את גולת הכותרת. תווך הקלט היה מחרוזות תווים שהוזנו דרך מסוף או קובץ כרטיסים בקורא כרטיסים; תווך הפלט היה פרימיטיבי באותה מידה. מתכנתים לא הקדישו מחשבה רבה אודות המנגנונים שטיפלו בהכנסת ובהוצאת נתונים אל ומתוך המערכת. עולם ממשקי המשתמש הגראפיים (GUI) של ימינו שונה לחלוטין; ביל ג'וי מחברת Sun Microsystems מעריך ש-75% מהלוגיקה של ימינו בתחום המערכות מבוססות החלונות, הנדחפות ע"י עכבר והמוכוונות צלמיות (icons), קשורות למימשק המשתמש.

לקפוץ על העגלה

עבור ארגונים רבים של עיבוד נתונים, הנושא העיקרי אינו נעוץ בשאלה האם שיטות מוכוונות אובייקט יחוללו נסים אלא האם הן מייצגות גישות שונות בתכלית בתחום פיתוח המערכות, אותן ניתן לאמץ כתקן חדש. שיטות מוכוונות אובייקט שונות לחלוטין משיטות של פירוק פונקציונלי, ניתוח מובנה ומתודולוגיות אופיניות הבנויות על מודלים של מידע. אך גם אם הן שונות וטובות יותר ממתודולוגיות אחרות, האם 1990 היא העיתוי הטוב ביותר להתחיל להשתמש בשיטות מוכוונות אובייקט? האם עדיף להמתין עד שנת 1995 או 2000?

מרבית הטכנולוגיות החדשות - מוכוונות החומרה או מוכוונות התוכנה - קשורות למחשבים או לא קשורות למחשבים - נעות על פני עקומת הלימוד המוצגת בציור. כך, ניתן לטעון שהמהפכה המובנית החלה בסוף שנות השישים עם החדרתו של התיכנות המובנה; והתפתחה במהירות במהלך שנות השבעים ותחילת שנות השמונים, עם ההתקדמות שחלה בעיצוב המובנה ובניתוח המובנה.

לקראת מחצית שנות השמונים, התווספו מספר עידונים עבור מערכות זמן אמת וטכניקת מידול הידועה בשם *event partitioning* הוחלפה בפירוק מלמעלה למטה "טהור" של תרשימי זרימת הנתונים. אולם מאז 1986, כמעט לא התרחש דבר בטכניקות המובנות; כלי CASE סיפקו תמיכה אוטומטית אך הנושא העיקרי נותר כפי שהיה.

מנקודת מבט זו, טכניקות מוכוונות אובייקט מייצגות עקומה טכנולוגית חדשה. אם היא מצויה כעת בשלב "הפיתוח המוקדם" או בשלב "הפיתוח המהיר" זה נתון לוויכוח, אך קיים ספק מועט ביותר שמתודולוגיות מוכוונות אובייקט אכן שונות משמעותית מהמתודולוגיות המסורתיות הנהוגות כיום במרבית הארגונים.

כתוצאה מכך, השאלה האופינית שארגון העוסק בעיבוד נתונים צריך לתקוף היא: **"האם זה העיתוי הטוב ביותר לנטוש עקומה טכנולוגית אחת ולקפוץ על אחרת?"**

ארבעה נושאים עיקריים כרוכים בקבלת ההחלטה בסוגיה זו:

1. **האם מוכוונות האובייקט הגיעה לרמת בגרות מספקת ולרמת פיתוח נאותה?**
2. **האם זמינה טכנולוגיה טובה למימוש מוכוונות האובייקט? האם ארגון עיבוד הנתונים מספק כלים הולמים לעוסקים בו על מנת שינצלו ביעילות את מירב יתרונותיה של הטכניקה מוכוונת האובייקט?**
3. **האם ארגון עיבוד הנתונים מתוחכם דיו על מנת לשנות בהצלחה את מתודולוגיות הפיתוח שלו?**
4. **האם המערכות והיישומים המפותחים ע"י הארגון הם מאותו סוג אשר ינצל ביעילות מירבית את עקרון מוכוונות האובייקט?**

האם זה מוכן?

כמה מהעוסקים במקצוע גורסים שמתודולוגיות מוכוונות אובייקט עדיין חדשות וטרם הגיעו לרמת בגרות נאותה; כתוצאה מכך, אין הם ששים להמליץ על כניסה לתחום זה עקב הסיכונים הכרוכים במתודולוגיה אלא להמתין להתפתחות נוספת. אי-בשלותם היחסית של הניתוח והעיצוב מוכווני האובייקט ניתנת למדידה לפי מיעוט הספרים הקיים בנושא, נדירותם של קורסי הכשרה וזמינותם הנמוכה של כלי CASE בנושא. אולם תיכנות מוכוון אובייקט הינו טכנולוגיה די מפותחת; יש עודף ספרים, קורסי הכשרה, קלטות וידאו ושפות תיכנות התומכות בגישה זו.

על כל ארגון מוטל להחליט מתי משפחת המתודולוגיות מוכוונות האובייקט בוגרות מספיק בכדי להצדיק ניסוי ברמה של אב-טיפוס או תמיכה בהיקף כלל ארגוני. ברור גם שדבר זה כרוך באפיון הארגון כמוביל בתחום הטכנולוגי או כשמרני יותר, הממתין על הגדר ומצפה להתבססותן של הטכנולוגיות החדשות.

האם זה עובד?

עיצוב ומימוש של טכנולוגיה מוכוונת אובייקט ניתנים לביצוע בסביבת תוכנה "מסורתית", תוך שימוש בשפות תיכנות קלסיות מהדור השלישי. עם זאת, אם להיות מציאותיים, ארגונים רבים עלולים לדחות את מחויבותם לטכניקות מוכוונות אובייקט עד אשר יראו מסלול ברור מ-OOA דרך OOD וישירות לשפת OOP.

כתוצאה מכך, מקובל לראות ארגונים המאמצים טכניקות מוכוונות אובייקט אם הם משתמשים בשפות כמו Ada או Smalltalk, או אם הם רואים את המעבר מ-C ל-C++ כזעיר יחסית. מנגד, נדיר לראות ארגוני עיבוד נתונים הפועלים באוריינטציה עסקית, מאמצים OOA ו-OOD, פשוט משום שלא כל-כך ברור כיצד הם יעבדו ב-COBOL. ולא משנה מה תהיה דעתך האישית על COBOL; המציאות המרה מוכיחה ש-75% מיישומי הנתונים העסקיים עדיין נכתבים בשפה הקדושה של שנות החמישים.

בסוף שנת 1989, יצרה CODASIL תת-ועדה חדשה שמטרתה היתה להמליץ על שינויים בשפת COBOL על מנת להפכה למוכוונת אובייקט, וישולבו בה תכונות חדשות כמו

הורשה, "איסוף אשפה" דינמי והעברת מסרים. על אף שהגירסה הרשמית הבאה של COBOL לא צפויה להתפרסם לפני 1999, סביר להניח שיצרן מהדירים אחד או שניים ישחררו גירסאות ביניים של ה־COBOL מוכוונת האוביקט תוך שנה או שנתיים. ככלות הכל, אם C יכולה להתפתח ל־C++ ו־Pascal ל־Pascal עם אובייקטים, מדוע ש־COBOL לא תיהפך ל־COBOL++? התפתחות כזו יכולה להאיץ משמעותית את אימוצן של הטכנולוגיות מוכוונות האובייקט בתוך קהילת העסקים.

האם תוכל לטפל בזה?
תוך התבססות במידה ניכרת על עבודתם של Watts Homphrey ועמיתיו במכון להנדסת תוכנה, יש קונצנזוס גדל ומתרחב שארגוני עיבוד נתונים יכולים להתקיים באחת מתוך חמש רמות של "בגרות תהליך". קונספציה זו נדונה בפירוט בספר Managing the Software Process (2), של Humphrey, בקצרה, חמש הרמות הן כדלקמן:

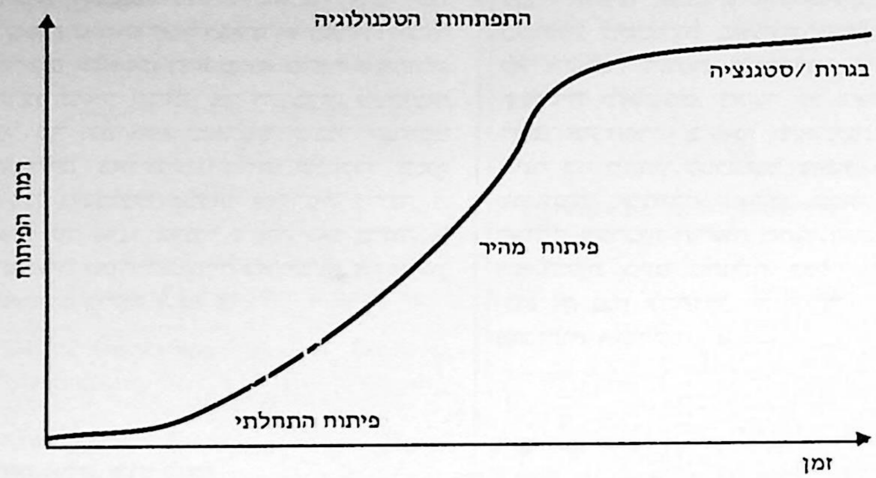
1. **רמה התחלתית.** אין מתודולוגיה רשמית, אין עקביות ואין תקנים בדבר דרך בנייתן של מערכות. כל מפתח תוכנה מרגיש עצמו כאומן; האנרכיה חוגגת. לא שיטות מובנות ולא שיטות מוכוונות אוביקט ישפיעו במידה מובהקת על סוג כזה של ארגון.

2. **רמה נשנית.** יש קונצנזוס בתוך הארגון אודות "הדרך בה אנו עושים כאן דברים", אך היא לא מוסדה בצורה רשמית כתובה. תהליך פיתוח המערכות יציב סטטיסטית תוך בקרה הדוקה של עלויות ולוחות זמנים מצד ההנהלה. אולם, ההצלחה תלויה בכישורים הפרטיים של מנהלי הפרוייקט; התהליך טרם מוסד.

3. **רמה מנוהלת.** קיים תהליך רשמי ומתועד של פיתוח מערכות. בדיקות תוכנה נאכפות בצורה קפדנית וניהול התצורה מתקדם יותר מאשר ברמה 2. קבוצת בקרת איכות תוכנה מעדנת ומעדכנת בקביעות את המתודולוגיות הארגוניות.

4. **רמה נמדדת.** הארגון קבע מדדים רשמיים לתהליך (לעתים קרובות הם נקראים מדדי תוכנה) כדי לשפוט את תהליכי בניית המערכות וכן את המוצרים המופקים.

5. **רמה מיטבית.** הארגון משתמש במדדים של רמה 4 כמנגנון משוב לשיפור אותם חלקים בתהליך שהתגלו כחלשים או לקויים.



התפתחותה של כל טכנולוגיה חדשה על פני הזמן מאופיינת ע"י שלושה שלבים: פיתוח התחלתי, פיתוח מהיר ובגרות. אימוצה של טכנולוגיה מוקדם מדי עלול להיות יקר ומכאיב; המתנה ממושכת מדי עלולה להותיר אותך מחוץ להתחרות.



קיימת הסכמה כללית שארגון אינו יכול לעשות שימוש יעיל בכלים או במתודולוגיות חדשים אלא אם הוא נמצא ברמה 3 ומעלה. הדבר נראה הגיוני, אך העובדות מצביעות על כך שב־85% מארגוני עיבוד הנתונים הגדולים בארצות הברית שנסקרו בסוף שנת השמונים נמצאו מדורגים ברמה 1, 10% עד 12% ברמה 2 ורק 3% ברמה 3. במחצית שנות התשעים לא יימצא אף ארגון בארה"ב ברמה 4 או 5.

האם אתה זקוק לזה?

אחד המאפיינים של מעבר לעקרון עבודה אחר הוא שאנשים (וארגונים) אינם מאמצים בדרך כלל טכנולוגיה חדשה רק כדי לפתור מהר יותר או בצורה יעילה יותר בעיות מוכרות. עקב העלות הכרוכה בביצוע השינוי (כולל עלויות הכשרה) והאינרציה הטבעית של החיה האנושית (כמו גם האופי השמרני של הארגונים הגדולים), סביר להניח שאנשים ימשיכו להשתמש בטכנולוגיות הישנות יותר עד אשר יחולו שיפורים בסדר גודל או עד שתצרנה בעיות חדשות שיהיה בלתי אפשרי לפתרן באמצעות הטכנולוגיות הישנות יותר.

מקרה אמיתי: מנהל תוכנה ב־IBM העיר לי לאחרונה שנסיונות להשתמש בטכניקות מובנות סטנדרטיות בסביבת OS/2 תחת Extended Edition Presentation Manager (PM) נחלו כשלון; ההצלחות היחידות עליהן ניתן להצביע היו ביישומים שפותחו בטכניקות מוכוונות אובייקט.

סביבת ה־PM OS/2 הינה GUI אופייני, המצטיין בתפריטים נמשכים (pull – down menus), חלונות מרובים, צלמיות ופקודות נשלטות עכבר. בסביבה כזו, מוכיחה טכניקת מוכוונות האובייקט החדשה עליונות; הגישה הישנה יותר, המובנית, נכשלת בדרך־כלל.

אולם, עליך לזכור שלא כל אחד בונה מערכות בסביבת GUI. ארגונים רבים עדיין משתמשים במסופים טפשים עם פקודות קלט מבוססות תווים או שהם עדיין בונים מערכות אצווה (batch) עם קלט כרטיסים ופלט של סרט מגנטי. כניסה למספר יחידות עיבוד נתונים דומה לכניסה למכונת זמן עם לוח שנה המציג את 1969. כל מה שחסר הם השיער הארוך וחרוזי האהבה.

עבור אנשים המבלים את ימיהם בפיתוח מערכות משכורות באצווה, שעקרונותיהן לא השתנו לעומת המערכות של שנות השישים והשבעים, ואשר כל רצונם הוא לשפר את הפריון ב־10%, יהא קשה להצדיק שינוי כה מהותי לטכניקות פיתוח מערכות מוכוונות אובייקט. אולם עבור אנשים הבונים מערכות חדשות ואשר הטכנולוגיות המקובלות כיום מתגלות כבלתי הולמות, יהא זה נבון להתחיל להשתמש בטכניקות מוכוונות אובייקט.

אתה אומר שאתה רוצה מהפכה

בדיונים רבים אודות מתודולוגיות, מתוארות טכניקות מוכוונות אובייקט כמהפכה העשויה (והחייבת) להחליף את הטכניקות המובנות הקודמות. המרכיב הקיצוני של מחנה התומכים במוכוונות אובייקט טוען שכל התוכנה שפותחה עד היום תוך שימוש במתודולוגיות ישנות אינה טובה ויש להשליכה לפח, וכן שהדור הקודם של מהנדסי תוכנה (אלו הנמצאים בתחילת שנות הארבעים שלהם) אשר ינק את חלב הטכניקות המובנות, צריך לפנות את מקומו מיד ויש להוציאו לאחו.

קבוצה אחרת, המכונה "סינתזיסטים", טוענת שטכניקות מוכוונות אובייקט וטכניקות מובנות – תואמות, ורבים מהרעיונות היותר טובים של שתי הטכניקות ניתנים לשילוב יחדיו. לדוגמה, כמה מהסינתזיסטים מצביעים על גישת ה־event partitioning של הניתוח המובנה כניתנת לביצוע בדרך כזו שתזהה מספר בועות דיסקרטיות (פונקציות) המקיפות נתונים מקומיים המאוחסנים בתרשים זרימת נתונים. קיבוץ הבועות ומאגר הנתונים יחדיו הינו בעצם יצירת אובייקטים, לטענתה של קבוצה זו; הללויה! מודל המערכת שהופק ע"י הניתוח המובנה הפך למוכוון אובייקט.

אין ספק שתוכל להגיע לאותה תוצאה – אותו העיצוב או אותו המודל של דרישות משתמש – תוך שימוש במתודולוגיות שונות, אך חשוב להכיר בעובדה שתהליך החשיבה, תהליך הגילוי והתקשורת בין המשתמש למנתח שונים בתכלית השינוי בשיטות מוכוונות אובייקט מאשר בשיטות מובנות. חשיבה על אובייקטים שונה מהותית מחשיבה על פונקציות. בהקשר זה, אני תומך במהפכנים למרות שאינני תמים־דעים עם הרעיון שמהנדסי תוכנה מהדור הקודם, אשר החלו בטכניקות



מובנות, אינם מסוגלים לעבור למסלול החדש של טכנולוגיה מוכוונת אובייקט.

בו־בזמן, אני מסכים עם המסר הבסיסי של הסינתזיסטים, למרות שאיני מסכים עם רבות מדוגמאותיהם ומהטקטיקות שלהם. קונספציות בסיסיות כמו הפשטה, חלוקה, בחירה נכונה של החלטות עיצוב וכדומה, רלבנטיות בשיטות מוכוונות אובייקט כפי שהיו בימים של הניתוח והעיצוב המובנה. כאשר עיצוב מובנה פותח לראשונה, אחת הקונספציות הראשונות שלו היתה "קריטריוני הערכת עיצוב": הנחיות וכללים היוריסטיים בהם תוכל להשתמש על מנת להבחין בין עיצובים טובים לעיצובים רעים. בעולם האובייקטים, יש גם כן סט של קריטריוני הערכה אשר בא לסייע לך להבחין בין עיצובים מוכווני אובייקט טובים לרעים.

מתחילים

התחלת העבודה בשיטות מוכוונות אובייקט דומה, באופנים רבים, להתחלת עבודה בכל טכנולוגיה או מתודולוגיה חדשה. תחילה עליך לאבחן את הבעיה שהטכניקות מוכוונות האובייקט מסוגלת לפתור ואילו הגישה הקונבנציונלית עלולה להיכשל.

אחר־כך עליך למכור את הקונספציה מוכוונת האובייקט לאחרים בארגון: מנהלים בכירים החייבים להשקיע כסף ולספק תמיכה; מנהלים בדרג הביניים החייבים לשקול כיצד להשתמש בטכנולוגיה חדשה בלא לפגוע בלוחות הזמנים, בתקציבים ובאימפריות הפוליטיות; נורמות שונות של טכנאים אשר יתלהבו או לא יתלהבו מאימוצן של טכניקות חדשות.

פרוייקטים של אב־טיפוס הם הכרח בטכניקות מוכוונות אובייקט, כפי שהדבר נכון בכל טכנולוגיה חדשה אחרת, בכדי לצבור נסיון ולהתאים את המתודולוגיה לצרכים המקומיים. הכשרה חיונית מעל כל ספק ויש להגיש תוכנית מימוש זהירה.

היות ופרטי התחלת העבודה בשיטות מוכוונות אובייקט (כלומר, איזה סוג של פרוייקט אב־טיפוס הוא הטוב ביותר? כמה זמן תארך ההכשרה?) כה דומים להחדרתן של טכנולוגיות מחשב חדשות אחרות, הרי שמעשה נבון הוא לעשות שימוש ביתרונותיהן של אסטרטגיות מעבר – טכנולוגיה אשר אנשים כבר פיתחו. מקור מצוין למידע בשטח זה הוא ספרה של Barbara Bouldin, *Agents of Change* (3).

אין דרך חזרה

מוכוונות האובייקט היא העתיד והעתיד הוא כאן וכעת. אולם, ארגונים גדולים משתנים באיטיות; קשה לשנות מתודולוגיות והרגלים ישנים ותוכנה ישנה עוד תשרוד כמה עשרות שנים לפני שניתן יהא להחליפה בתוכנה חדשה שפותחה עם המתודולוגיות החדשות.

כתוצאה מכך, שנות התשעים יהוו קרוב לוודאי את תחילת עידן ההחדרתה ההדרגתית של מוכוונות האובייקט; יתכן והיא לא תהיה מתודולוגית הניתוח הדומיננטית עד סוף העשור. בינתיים, כמו שתמיד תהיה עבודה במקום כלשהו על פני כדור הארץ למתכנתי שפת אסמבלי שימירו דתם, כך תמיד יהיה מקום לאלו שרוצים לצייר תרשימי זרימת נתונים.

REFERENCES

1. Coad, Peter, with Edward Yourdon. *Object-Oriented Analysis.* Englewood Cliffs, NJ: Yourdon Press/Prentice-Hall, 1989.
2. Humphrey, Watts. *Managing the Software Process.* Reading, MA: Addison-Wesley, 1989.
3. Bouldin, Barbara. *Agents of Change.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1989.

Working Conference

Trends In Modern Hospital Information Systems

Scope – Design – Architecture

Göttingen, Germany,
September 7 – 11, 1991

IMIA, Working Group 10
"Hospital Information Systems"

IMIA, International Medical Informatics Associattion

Aims

The working conference aims at bringing together on one side technical people and medical informaticians and on the other side policy makers and responsible managers (both administrative and medical) from hospitals. Together they should discuss major issues at stake in the further development of hospital informations systems (HIS).

○

קול קורא להגשת מאמרים

הכינוס הארצי השמיני לבינה מלאכותית וראיה ממוחשבת

31–30 בדצמבר 1991
כפר המכביה – רמת גן

אילא – איגוד ישראלי לעיבוד אינפורמציה
אירם – איגוד ישראלי לראיה ממוחשבת
איבמ – האיגוד הישראלי לבינה מלאכותית

הכינוס הוא פגישה שנתית של האגודה הישראלית לבינה מלאכותית והאגודה הישראלית לראיה ממוחשבת, שהן קבוצות התמחות באיל"א.

בין המינים



נשים ומיחשוב

קרן פרנקל

יש עדות מצטברת לכך שנשים רבות הבוחרות בקריירה בתחום המיחשוב, נושרות מן האקדמיה או בוחרות שלא להמשיך לתואר מתקדם ומצטרפות תחת זאת לתעשיה. משום כך, מספר הנשים באקדמיה בתחום מדעי המחשב וכן בתעשית המחשבים, נמוך באורח לא פרופורציונלי. מצב זה עלול להיות מונצח למשך כמה דורות, שכן מחקרים שונים מורים על ירידה הדרגתית ברמת הענין במיחשוב אצל נערות בגילאי בית ספר יסודי עד תיכון.

Women and Computing. By Karen A. Frenkel.
Communications of the ACM, Nov. 1990.
Translated by permission.

ממצאים סטטיסטיים שונים, תאורים מפי נשים העוסקות בתחומי המיחשוב האקדמי והתעשייתי, וממצאי המחקר המפורטים בהמשך המאמר, מעידים שמשהו – הרבה מאוד – אינו כשורה בתחום. אך כוונת המאמר אינה לאתר אשמים, אלא לעורר מחשבה מעמיקה ואולי להוביל לעשיה. מן הראוי שקהילית המיחשוב תשאל את עצמה האם התנסותן של הנשים במהלך לימוד התחום ייחודית למדעי המחשב. עלינו לשאול את עצמנו מדוע המעבדה או הכיתה של מדעי המחשב מהוות עבור נשים ונערות סביבה "קרירה". אם יסתבר שמדובר בבעיות ייחודיות לתחום, מן ההכרח לעמוד על מקורן. זהו תחום צעיר וגמיש דיו על מנת לשנות את עצמו. ניתן, כמובן, לטעון כלפי נשים אלה שהן מתארות את הבעיות של בעלות מקצוע באשר הן. אך גם אם מבצעי הלוליינות של מדעניות מחשב באקדמיה ובתעשיה אינם ייחודיים לתחום המיחשוב, החברה האמריקנית לא תוכל לעמוד במחיר ההתעלמות מטענותיהן או ביטולן; אנו עדים לבריחת מוחות ודאית מן התחום מוביל הקידמה הזה.

מבט בסטטיסטיקה יגלה מצב מדאיג. לדברי בטי מ. וטר, מנכ"ל הוועדה לבעלי מקצועות המדע והטכנולוגיה בוושינגטון, מספרי תארי הבוגר והמאסטר בתחום מדעי המחשב המוענקים לנשים וגברים כאחד יורדים בקביעות. עם זאת, ירידת מספר הנשים מקבלות התארים מהירה יותר, כך שהן הופכות מרכיב יותר ויותר קטן בסך הכולל. אחוז תארי הבוגר הגיע לשיאו, 35.7, בשנת 1986, ואחוז תארי המאסטר הגיע גם הוא באותה שנה לשיא של 29.9. על פי התחזיות שניהם ימשיכו לרדת. "צפינו מן המספרים לרדת בשני המינים, בשל גורמים דמוגרפיים כגון ירידה במספר הסטודנטים בכלל," אומרת וטר, "אך התארים הניתנים לנשים יורדים עוד הרבה לפני שהגיעו לנקודה של שוויון פרופורציונלי." (ראה טבלה I). וטר היתה מצפה גם שמדעי המחשב יהיו "תחום נהדר לנשים," כפי שהיו לימודי הבוגר והמאסטר במתמטיקה; סטודנטיות למתמטיקה קיבלו 45% מתארי הבוגר במהלך שנות השמונים. מצד שני, בתחום זה עלו תארי הדוקטור המוענקים לנשים במהלך העשור מ/15.5% ל-18.1%, ערכים דומים יותר לאלה של תארי הדוקטור לנשים במדעי המחשב. בשנת 1987 14.4% מכל תארי הדוקטור במדעי המחשב הוענקו לנשים; מספר זה ירד ל-10.9% בשנה שלאחר מכן. האחוז אמנם הוכפל כמעט בין 1988 ל-1989, כאשר זכו הנשים ב-17.9% מכלל תארי הדוקטור, אך וטר מעירה כי המספר עצמו נותר קטן ביותר ועמד על 107. מספרים אלה כוללים גם סטודנטים זרים שהם ברובם גברים, כך שנשים מהוות אחוז קטן יותר מן הסך הכולל מאשר מציבור הסטודנטים האמריקנים. אולם, בעוד שנשים אמריקניות קיבלו 21.4% מתארי הדוקטור שהוענקו לאמריקנים, גם האחוז הזה אינו מעודד, אומרת וטר. שוב, מספר הנשים האמריקניות מקבלות תואר דוקטור במדעי המחשב היה מזערי – 72. במבט ארוך טווח יותר, הענקת תארי בוגר ומאסטר מעטים יותר לנשים לקראת סוף שנות השמונים יורגש בעוד כשבע עד שמונה שנים, בעת שהן היו צפויות לקבל תארי דוקטור.

כיצד עומדים מספרים אלה לעומת אלה של המדעים האחרים וההנדסה? בדיווח שלה לשנת 1989 למכון הלאומי למדעים, "נשים ומדעי המחשב," כותבת נעסי לווסון, פרופ' עמית למידע ומדעי המחשב באוניברסיטת קליפורניה, אירוויין, כי נשים זכו רק ב-12% מכלל תארי הדוקטור בהשוואה ל-30% מכל תארי הדוקטור שהוענקו לנשים במדעים. לווסון מציינת, עם זאת, כי נתון זה כולל את מדעי החברה והפסיכולוגיה, שבהם האחוזים נעים בין 32 ל-50. אך הפירוט לתחומים האחרים הוא כדלקמן: המדעים הפיזיקליים (16.4%); מתמטיקה (16.6%); הנדסת חשמל (4.9%); ובתחומי הנדסה אחרים, בין 0.8% בהנדסה אווירונאוטית ל-13.9% בהנדסה תעשייתית.

הנשים שכן מקבלות תארים במדעי המחשב אינן מפתחות קריירה אקדמית בתחום. לווסון אומרת שנשים דוחות, או שאינן מקבלות, הצעות למשרות הוראה באוניברסיטה במדעי המחשב, וכן נשרות ממשרות כאלה. על פי הנתונים שנאספו בסקר טולבי 88/89, שהופיע ב-Communications, בספטמבר, מציינת לווסון כי במחלקות למדעי המחשב והנדסת מחשבים שהשתתפו בסקר, 158 במספר, 6.5% מן הסגל הן נשים. בשליש מן המחלקות אין כלל נשים בסגל (ראה טבלאות III ו-IV).

באשר לנשים במיחשוב בכוח העבודה, מעירה וטר שהסטטיסטיקות רכות מאוד. המכון לנתוני עבודה מבקש מחברות מידע על כוח העבודה שלהן, ה-NSF פונה ליחידים בבקשות לזיהוי מקצועי. התוצאה היא אומדנים שונים. טבלה II מראה כי השנה מהוות נשים כ-35% מתעשיית מדעי המחשב. על פי דיווח על נשים ומיעוטים משנת 1988, של ה-NSF, מהוות הנשים רק 30% מבין מדעני המחשב המועסקים, אף כי הן מייצגות 49% מכלל בעלי המקצוע. "אין כל סיבה שנשים לא תהוונה מחצית מכוח העבודה במיחשוב," אומרת בטי וטר, "המצב הוא לא כזה שהמיחשוב מצריך הרמת משקלות."

תחושת הבידוד והצורך בקהיליה היתה כה חריפה בין נשים במיחשוב עד שמספר מומחיות במערכות הפעלה יצרו ב-1987 פורום פרטי ורשימה פנימית של מנויי דואר אלקטרוני, שכונה "Systers". הארגון נוסד והופעל בידי אניטה בורג, חברת צוות המחקר במעבדת Western Research של DEC, והוא כולל מעל 350 נשים המייצגות מגוון תחומים בתוך עולם המיחשוב. הן מייצגות 43 חברות ו-55 אוניברסיטאות, בעיקר בארה"ב, אך גם בקנדה, בריטניה וצרפת. עובדות התעשיה ברשת מחזיקות בדרגות בכירות ומגיעות מכל מעבדת מחקר חשובה. עובדות האוניברסיטאות הן מתלמידות לתואר בוגר במדעי המחשב ועד לראשי מחלקות. בורג מסבירה, "מטרתה של Systers להוות פורום לשיחה על בעיותיהן והנאותיהן של נשים בשטח שלנו, ולהציע מדיום לצרכי רישות וחונכות." הרשת מונעת מנשים אלה, שהן מעטות ומפוזרות, לחוש שהן לבדן חוות בעיות מסויימות. בורג אומרת, "אפשר להטיח כל מה שרוצים בקבוצה הזאת ולקבל בחזרה פרספקטיבה נשית. מקבלים תחושת קהיליה." האם אין סקסיזם בקיומו של פורום נשי בלבד? "לגמרי לא," אומרת בורג, "זה הכרח מוחלט. לא רצינו לכלול גברים כי נשים מדברות בצורה אחרת כשהן מדברות עם נשים אחרות, אם זה בעל פה ואם זה דרך הרשת. הידיעה שכולנו נשים היא מאוד חשובה." (בעלות מקצוע בתחום מדעי המחשב המעוניינות ברשימת מנויי הדואר של Systers יכולות להפנות דואר אלקטרוני אל systers-request@decwrl.dec.com).

דומה כי המשא שנשים נושאות בתחום המיחשוב הוא אכן כבד ביותר. חוקרים בתחום החלוקות בין המינים, וכן הנשים עצמן, מעידים כי האשה חווה מכשולים מצטברים מתקופת לימודי הדוקטורט והלאה. מחקרים סטטיסטיים נוטים למשוך אש ואינם

מסבירים לעתים את התמונה בשלמות, כך שחשוב להקשיב לסיפור כפי שהנשים מספרות אותו. במסגרת שכותרתה "לימודי דוקטורט בשנות השמונים המוקדמות" נשים מתארות חוויות של רואות ואינן נראות, של התנהגות פטרונית, של הטלת ספק בכישורים, וכן הלאה. לאור חוויות אלה, אין זה מפתיע שלדעת נשים רבות האקלים האקדמי הוא אכזרי. אך בעוד נשים רבות יותר עשויות לבחור לתרום למחקר בתעשיה, האם עסקי המיחשוב הם באמת מקלט לנשים, או שמא רק הברירה היחידה? במסגרת שכותרתה "מקום העבודה בשנות השמונים המאוחרות" נשים בתעשיה מספרות אף הן את הסיפור שלהן ומתארות דילמות בדיאלוג אודות האקדמיה לעומת התעשיה; שיחה זו פרצה ספונטנית באביב הקודם ברשת "Systers". נוסף לכך, ממצאים של חוקרים העוסקים בחלוקות בין מינים מרצגים בדוח שהוגש לסדנה על נשים ומיחשוב. לבסוף, Communications מציג "להיות למדענית מחשב: דיווח מאת ועדת ה־ACM למעמד האשה במדעי המחשב." טיוטה של הדוח הרצגה באותה סדנה והוא מוגש כאן בשלמותו.

דוח פגישה

בכנס המיחשוב החינוכי הלאומי האחרון, ביוני אשתקד, נערכה סדנה שמטרתה היתה לעמוד על הסיבות לכך שנערות ונשים אינן עוסקות במיחשוב במספרים מקבילים לנערים וגברים, ולהמליץ על דרכים לשינוי מגמה זו. השנה, במלאות עשור לכנס רב־השפעה זה, השתתפו בו 2,414 ברי־סמכה מתחום המיחשוב והחינוך ו־1,500 אנשים מן התעשיה. הסדנה נשאה את הכותרת "בחיפוש אחר פרדיגמות חופשיות מאבחנה בין־מינית בחינוך למדעי המחשב," ונמשכה יום שלם. המארגנת ויושבת הראש היתה דיאן מרטין, פרופסור עמית במחלקת הנדסת החשמל ומדעי המחשב באוניברסיטת ג'ורג' וושינגטון. מטרתה הספציפית של הסדנה היתה בדיקת ההנחה שניתן לייחס את הירידה במספר הנשים הבוחרות ללמוד מדעי המחשב, לפרדיגמה בעלת אוריינטציה גברית השולטת בתחום. מרטין הזמינה 12 חוקרים (רשימת משתתפי הסדנה בסוף המאמר) העוסקים במחקר על חלוקות בין־מיניות בחינוך במדעי המחשב, להציג את הממצאים המעודכנים ביותר שלהם ולהשתתף בפגישות מוחין שיובילו להמלצות. כותרות מרכזיות מן הסדנה מפורטות בהמשך.

בפתיחה ציינה מרטין כי

חוקרים רבים הבחינו שתרבות המחשבים בלתי־נוחה לנערות ונשים. הן חשות שלא בנוח בשטח שנראה כמעודד "התנהגות ממוקדת ביותר, כמעט אובססיבית," כמפתח להצלחה.

לימודים לתואר דוקטור בראשית שנות השמונים

"עבדתי במחשב ומשהו קרה. לא ידעתי מה הבעיה. ראיתי מישהו שנראה 'פריק' מחשבים אמיתי, שאלתי אותו, הוא קם והתחיל לעשות המון דברים בספריה שלי, בלי להגיד לי מה הוא עושה. הוא התחיל לשחק ולשנות דברים, 'את צריכה את זה. נראה, אני אתן לך את הקובץ הזה.' זה היה כזה, מה אתה עושה? הוא לא הסכים להגיד לי".

"לא נוח לי לבקש עזרה מדוקטורנטים גברים מסויימים (במערכת, בפרויקטים וכו') כי זה עלול להתפרש כאילו אני מתחילה אתם. במרבית המקרים אחרי התשובה לשאלה באה הזמנה לצאת יחד."

"חבר סגל סיפר לי שנשים הן לא מהנדסות טובות בגלל חוויות הילדות המוקדמת... בנים בונים דברים, בנות משחקות בבובות, בנים מפתחים אינסטינקט חזק לתחרות, בנות תומכות..."

"הסטראוטיפים מקשים עלי לעבוד כאן כי הם תומכים בדעה שאני לא יכולה להיות מהנדסת טובה. הגישה הזאת כללית. היא משפיעה על ההתנהגות של אנשים אחרים כלפי וגם על הדימוי העצמי שלי."

"את רוצה לעסוק במחקר" נראה מה יש לי שאת יכולה לעשות... צריך להגיה את המאמר הזה."

"יש תמונה של אשה ערומה במערכת שלנו שמדפיסים אותה ומציגים אותה. משתמשים בה לעתים גם כדי להדגים את הכישורים הגרפיים של המערכת."

"בגינה [במעבדת המדיה של MIT]... חברי סגל אחדים, סטודנטים ועובדים בחרו בסדרת מבחן מתוך קטע מסדרת הטלוויזיה 'שעות נוספות'. הם חיפשו סדרה של תמונות (frames), סיפורים בעלי מגוון צבעים, טקסטורות ותנועות מצלמה, שכללו כנראה דמויות אדם. על פי השיקולים האלה, שהיו טכניים במובהק, הם בחרו סדרה שבה, בהתחלה, המצלמה מתמקדת מקרוב ברגליה של סיביל שפארד כשהיא מתרחקת מן המצלמה בחצאית קרועה. תמונות נוספות מראים אותה עוברת על פני ברוס וויליס בהתגרות, מעמידה פנים של כועסת אך בחיוך קטן, מנצח על פניה... נשים צריכות להתמודד עם הצילומים האלה של נשים, כאוביקטים למבחן, כתמונות לשימוש חוזר שוב ושוב, זמן רב אחרי שהכעס שלהן שכך."

"גברים תמיד חושבים שאני מתחילה אתם, לכן אני לא מרגישה נוח להצטרף לשיחות טכניות שלהם. אני מרגישה שחסר לי חלק חשוב מחומר הלימודים לקראת דוקטורט."

סטודנטיות קובלות

"פרופסור ג'ונס ואני עבדנו על פרויקט עד מאוחר והחלטנו לתפוס משהו לאכול. חשבתי שנצא לאכול סנדוויץ'. תארו לכן איך הרגשתי כשהוא עצר את המכונית ליד מסעדה מפוארת, עם סועדים לאור נרות. לא רציתי להיכנס כי זה נראה לי יותר מדי דומה ל'דייט', אבל הוא התעקש וגם לא נתן לי לשלם בעד הארוחה שלי. הרגשתי כאילו נאלצתי בכוח לצאת אתו. אחרי זה הרגשתי תמיד אי־נוחות קשה בסביבתו."

"כשדיברתי עם קולגה גבר במשרד שלי, הוא הניח פתאום את היד שלו על השד שלי ואמר שהוא מחבב אותי."

"בזמן שלימדתי, דוקטורנט אחד התפרץ וביקש את מספר הטלפון שלי. גברים מפריעים לי לעתים קרובות במהלך השיחות הטכניות שלי, בשאלות אישיות או בהערות בלתי הולמות, בעניינים לא מקצועיים."

"אם קורה במהלך פגישה טכנית שמעירים הערה סקסיסטית, כל העיניים מוסבות אלי במעקב אחרי התגובה שלי. זה לא רק שאני נמצאת תמיד באור הזרקורים, הגברים חושבים שזה בסדר להעיר הערות סקסיסטיות במהלך הפגישות הטכניות, אפילו כשאני נמצאת בחדר."

"נאמר לי על ידי מזכירה שתכננה פגישת קיץ טכנית באחוזה שבבעלות MIT, כי מארח הפגישה מעדיף כי משתתפות נשים תלבשנה בגדי ים שני חלקים לשחיה."

"לא היינו רוצות שיחשבו שאנחנו אומרות כי כל תשומת הלב שלילית. אנחנו רוצות שגברים יתייחסו אלינו כאל אנשים וזה כולל מערכות יחסים אנושיות. הבעיה בתשומת הלב שאנחנו מקבלות כיום היא ההתעלמות מחופש הבחירה שלנו."

לתשומת לב: ההערה הראשונה היא של תלמידת שנה ראשונה המתארת את תהליך הסוציאליזציה הראשוני שלה אל תוך תרבות המיחשוב, על פי קילזר, ספרול ואקלס. הערת ה"שעות נוספות" של MIT מאת ג'ניפר טידרול, במאמר שלא פורסם, משנת 1990. כל שאר ההערות לקוחות מתוך Barriers to Equality in Academia: Women in Computer Science at MIT שהוכן על ידי סטודנטיות נשים וצוות מחקר במעבדות מדעי המחשב והאינטליגנציה המלאכותית, פברואר 1983. הציטוט הנרחב מן הדוח הזה אין כוונתו להוכיח במיוחד את MIT. על פי מקורות שונים, נסיונן של אלה המצוטטות כאן טיפוסי לנשים במיחשוב בכל מקום.

כך מרטין, בסכמה דברים שאמר אריק רוברטס זמן מה לפני כן, בפגישת אגודת סטודנטים (Pugwash) וושינגטונית. היא איזכרה גם את מה שנראה כאפליה הבין־מינית הקיימת בתחום, בהצביעה על שני מחקרים סטטיסטיים לאומיים מן הזמן האחרון, בנושא מהנדסות וסטודנטיות לתואר בוגר בהנדסה, שערכה אלינור באום, דיקן בית הספר להנדסה ב־Cooper Union. ממצאיה של באום הראו כי 70% מן הנשים חשו שעליהן לעבוד קשה יותר מעמיתיהם הגברים כדי להשיג שכר בר־השוואה, 58% חשו שהטרדה מסוג כלשהו רווחת במקום העבודה, 50% חשו שהיחס שלהן לנשאים אתיים שונה משל עמיתיהן הגברים, 39% חשו שיוענשו על יציאה לחופשת לידה, ואחוז מוחץ – 78 – חשו שקיבלו שכר בר־השוואה עם קבלתן, אך לא קודמו באותה מהירות כמו הגברים. מחקר שלישי, עצמאי, תמך בדעה האחרונה,

נשים אמנם התקבלו לעבודה בשכר בר־השוואה, אולם תוך 10 שנים הן פיגרו אחרי עמיתיהן הגברים ב־25%. (Businessweek 28.8.89)

אנדרלמוסיה בכיתות מחשבים

לסלי ס. קליין, מרצה למערכות מידע באוניברסיטת Pace ומורה למדעי המחשב בחטיבת הביניים ובתיכון, תיארה את המצב הכאוטי של חינוך למדעי המחשב, בכל הרמות הקדם־אוניברסיטאיות. קליין, הפועלת מטעם הוועדה לשירותי חינוך משותפים, במימון משרד החינוך של מדינת ניו־יורק, צופה בבתי ספר ברמת הכנסה בינונית–גבוהה במערכת חינוך ציבורית זו. היא מסרה כי חרף עושרה היחסי של מערכת זו, התקציב למדעי המחשב הוא לעתים קרובות נמוך ותכניות לימוד אינן קיימות. המורים למיחשוב הם מורים מסייעים או פקידים ממרכזי המדיה, המקבלים הכשרה לכך תוך כדי עבודה. "לפעמים מתמזל מזלם של התלמידים ללמוד עם מורה שמחשבים הם תחביב שלו/שלה, או שהשתתף/פה בקורסים אחדים לחינוך למיחשוב," כותבת קליין בדוח שלה הנקרא, "תת־הישגים במדעי המחשב ומתמטיקה אצל תלמידות: סיבות והמלצות." "פה ושם מורים הרפתקנים יותר כוללים תוכנה לוגו או לגו־לוגו בתכנית הלימוד, אך לא ניתן להבחין בתכנית לימוד פורמלית כלשהי, או בהמשכיות משנה לשנה," ממשיכה קליין. לא גובשו מטרות כלשהן או סטנדרטים מינימליים החלים על הכשרות המורים או על החומר הנלמד. רק בכיתות ז' וח' מופיעים לימודי המחשב, הלוגיקה או התיכנות ב־Basic. תיכנות ב־Pascal ו־C ומבואות לעיבוד נתונים הם מקצועות מוצעים בחטיבות הביניים ובתיכון, אך גם כאן קיימים הבדלים עצומים בין רמות הכישורים של המורים והרקע שלהם. חלקם מורים למתמטיקה, בוגרי מדעי המחשב, או בוגרי קורסים מתקדמים בתחום. אחרים מורים ללימודי תעשיה, שקיבלו הכשרה

טבלה I: תארים במדעי המחשב שהוענקו בארה"ב

	1980	1986	1987	1988	1989
סה"כ בוגרים	11,213	42,195	39,927	34,896	–
נשים	3,399	15,126	13,889	11,353	–
% הנשים	30.3%	35.7%	34.8%	32.5%	
סה"כ מאסטר	3,647	8,070	8,481	9,166	–
נשים	764	2,412	2,496	2,464	–
% הנשים	20.9%	29.9%	29.4%	26.9%	
סה"כ דוקטורטים	218	399	450	514	612
נשים	21	48	65	56	107
% הנשים	9.6%	12.0%	14.4%	10.9%	17.5%
דוקטורטים לאמריקנים	156	202	243	284	337
דוקטורטים לנשים אמריקניות	19	37	50	39	72
% הנשים	12.1%	18.3%	20.6%	13.7%	21.4%

הנתונים נמסרו על ידי בטי וטר, מחברת מהדורה תשיעית של נשים בעלות מקצוע ומיעוטים, המתפרסם מדי שנה מטעם הוועדה לאנשי מקצוע במדעים ובטכנולוגיה.

טבלה II: נתוני משרד העבודה על אנשים המועסקים במיחשוב

	מנתחי מערכות מיחשוב	הפעלה ומערכות	מדעני מתמטיקה ומחשבים (סה"כ)
סה"כ ל־1990	56,000	239,000	805,000
% הנשים	32.4%	41.1%	35.7%
סה"כ ל־1982	242,000	246,000	488,000
% הנשים	26.4%	31.7%	29.0%

מקור הנתונים כמו בטבלה מס' I.

טבלה III: נתוני סקר טולבי ל־1989–1988 לכלל הסגל

	סגל מדעי המחשב			סגל CE			סגל מדעי המחשב + CE		
פרופסורים	סה"כ	נשים	%	סה"כ	נשים	%	סה"כ	נשים	%
אסיסטנט	938	92	10	204	11	5	1142	103	9
עמית	718	66	9	191	8	4	909	74	8
מלא	894	30	3	295	3	1	1189	35	2.7
סה"כ	2550	188	7	690	22	3	3240	211	6.5

טבלה IV: התפלגות חברות סגל נשים (סקר טולבי 88/89)

נשים	אסיסטנט # מחלקות	עמית # מחלקות	מלא # מחלקות	כל הדרגות # מחלקות
4	1	2	0	9
3	3	1	1	17
2	20	10	4	31
1	50	40	22	54
0	84	105	131	47

מינימלית בתחום המחשבים. מצד שני, אלה האחרונים עשויים לעתים להיות בעלי כישורים טובים יותר משל מורים למתמטיקה. קיימות תכניות לימוד בהתמצאות במחשבים (computer literacy) ובמדעי המחשב, לבית הספר התיכון (מספר המלצות על תכניות לימוד הוגשו ע"י ACM לפני חמש שנים והכוונה לעדכן אותן לפני 1991). עם זאת, יש מעט מאוד תמיכה ביישום התכניות, ואין כל אחידות בין המדינות השונות.

ניתן היה לצפות שמצב עניינים עגום זה ישפיע במידה שווה על בנים ובנות. לא כך הוא. לדברי קליין, נערות "מפגינות חוסר בטחון רב יותר וחוסר אמון בעצמן, במתמטיקה ובמדע, במהלך תקופות מעבר", כגון הכניסה לחטיבת הביניים ואחר־כך לתיכון. בחטיבת הביניים, למשל, הבנים משתמשים בתוכנה גנובה, היא מסבירה, והבנות מקיימות את כללי בית הספר ומהוות מטרד לבנים. "המחשבים תמיד נצרכים על ידי הבנים שפורצים פנימה, להוטים להמשיך מהמקום שבו עזבו אתמול את המסע לאורגון, את קאראטקה או את קרמן סאן דייגו. פה ושם איזו בת מזדמנת פנימה, אבל היא תזדקק לכוח עליון כמעט על מנת לגשת למחשבים החסומים האלה," אומרת קליין. בהינתן דפוסי התנהגות שונים אלה, קליין רואה צורך בתכנית לימודים פורמלית במדעי המחשב לכיתות ז' עד י"ב, וכן בדרישה מכל תלמיד תיכון להשלים מבוא חובה למדעי המחשב. היות שרבים בקהילית החינוך אינם מודעים לקיומן של תכניות מומלצות, קליין מדגישה את הצורך בתמיכה בהפצת התכניות הללו ויישומן. יתר על כן, יש צורך ביתר אחידות בהכשרת המורים, שתותאם לשיפור של מיומנויות המחשב ושל הגשת השיעור כאחד, תוך התייחסות ישירה למוטיבציה של התלמידות.

נשים ונערות צבעוניות

בבתי הספר האמידים קיימות בעיות משמעותיות בחינוך במדעי המחשב לבנות. אך אלה מחווירות מול הבעיות הניצבות בפני נערות מקבוצות מיעוטים, בבתי הספר שלהן. קרול אי. אדוארדס, מן הקואליציה הדרומית לשוויון בחינוך, אטלנטה, ג'ורג'יה, בחנה את השלכות תרבות המחשבים עבור נערות ונשים צבעוניות. כמנהלת פרוייקט מיקרו, אדווארדס מפעילה תכנית שמטרתה להעמיד מחשבים אישיים לרשותם של ילדי מיעוטים ולהשתמש במחשבים להוראת מיומנויות חשיבה מתקדמות. ההזדמנויות החינוכיות הפתוחות בפני נשים ונערות אלה הן כה עלובות, היא אמרה, עד שהן מהוות אפליה גזעית, אתנית ומעמדית. בנים ובנות צבעוניים כאחד מבקרים בבתי ספר עם ציפיות מורים נמוכות, מורים מחליפים רבים, מורים פחות מנוסים, והעברה תכופה למסלולי חינוך נמוכים יותר. במתמטיקה, למשל, בנות צבעוניות מופיעות במסלולים הנמוכים במספרים לא פרופורציונליים.

שיטת המסלולים כשלעצמה מהווה חלק מן הבעיות המערכתיות בבתי־ספר של מיעוטים; היא מהווה דוגמה של נהלים מבניים שנשארים בעינם למרות הוכחות כי הן מיטיבות רק עם האחוז העליון של התלמידים, אדווארדס אומרת. מלבד המחסומים החינוכיים האלה, בנים ובנות צבעוניים כאחד ניצבים בפני מחסומי תרבות, כגון היעדר מודלים לחיקוי והיעדר עידוד הורים. חסרות להם הזדמנויות הקשורות במדע ולעתים קרובות הם לא רואים



מעולם מחשב. אך גם אם כן ישתמשו במחשב, לא סביר שיישארו אחרי הלימודים במעבדת המחשבים. זה נחשב ללמדנות ובנים צבעוניים מודדים, לדבריה, הערכה־עצמית בקנה מידה לא־אקדמיים. הבנות לא יישארו אחרי הלימודים כי הן אחראיות, במקרים רבים, על האחים הצעירים בבית. מחסומים אלה מובילים למכשולים מצטברים; להיות עניה, להשתייך לקבוצת מיעוט ולהיות נערה, הוא צירוף הפוגע בקליטה של מתמטיקה ומחשבים ובגישה אליהם, ביחס פרופורציונלי לרמת המכשולים, כך לדברי אדוואדרס.

תוכנה מפלה מינית

כל תכנית לימודים במדעי המחשב כרוכה בהכרח בבחירת תוכנה, ללא קשר עם יישומה בבית ספר אמיד או חסר אמצעים. מחקרים שונים מצביעים על אפליה מינית בתוכנה החינוכית. בנסיונם להבין **מדוע המחשב "מפתה יותר עבור הבנים מאשר עבור הבנות"** מצאו צ׳ארלס וו. האף וג׳ואל קופר, אפליה מינית שמקורה בסטריאוטיפים המקובלים על מעצבי התוכנה. האף, שעבד באוניברסיטת קרנגי מלון בעת המחקר ומשמש כיום פרופסור עמית לפסיכולוגיה בסנט אולף קולג׳, נרתפילד, מיין, הציג תמצית של ממצאי המחקר בפני הכנס. לממצאים אלה השלכות מרחיקות לכת הקשורות אולי גם לשימוש בתוכנה במקום העבודה. לכן נציג כאן את הערותיו של האף וכן את דבריו של קופר, ראש המחלקה לפסיכולוגיה באוניברסיטת פרינסטון, בראיון שערכנו אתו.

קופר ערך, חיבר והשתתף במחקרים רבים העוסקים בהבדלים בין־מיניים, החל מהבדלים בהשפעת האלימות בטלוויזיה על ילדים משני המינים (במחקריו עבד, בין היתר, עם ג׳ון הול, לורי נלסון, דיאן מאקי, כולן מפריסנטון, ועם גיטה ווילדר משירות המבחנים החינוכי). כלי התקשורת אמנם פירסמו את המסקנה כי אלימות בטלוויזיה גורמת להתנהגות תוקפנית יותר אצל ילדים, אך בעיון מדוקדק יותר בנתונים, מצא קופר כי "זה נכון כמעט בלעדית לגבי בנים, לא לגבי בנות." מרבית החוקרים הפסיקו לחקור ילדות שכן הממצאים המוקדמים לא גילו השפעות כלשהם. הם המשיכו את המחקרים תוך שימוש בבנים בלבד. "זאת הבחנה חשובה שבנים נעשים אגרסיביים יותר כשהם צופים בטלוויזיה, אך זה צריך להיות לא פחות מעניין שבנות לא מגיבות כך," קופר אומר. הוא ועמיתיו תהו אם מקור ההבדל נעוץ בתהליכים שונים הקיימים אצל זכרים ונקבות, או בעובדה שגיבורי ורשעי הטלוויזיה הם ברובם המכריע זכרים. הם גם החליטו לחקור את השפעת התוקפנות המבוטאת בכלי תקשורת אחרים, ובמיוחד משחקי וידיאו, אצל תלמידי חטיבת הביניים.

באותה תקופה, ראשית שנות השמונים, הגרפיקה הממוחשבת היתה כה פרימיטיבית עד שהדמויות על המסך היו לא־זכריות ולא־נקביות. זה איפשר לחוקרים להשתמש במשחקי וידיאו תוקפניים ולא תוקפניים ללא התחשבות בזהות המינית של הגיבורים ואויביהם. במחקר זה, בנות ששיחקו במשחקי וידיאו תוקפניים הפכו יותר תוקפניות מהבנים. לדברי קופר "ההשפעה היתה גדולה יותר על הבנות מאשר על הבנים." אך קופר גם הבחין כי כאשר אמרו לילדים שהם עומדים לשחק במשחק כגון "מפקדת הטילים" הבנים התרגשו מאוד, בעוד הבנות לא התלהבו. הן

אמרו: "אני לא רוצה לשחק בזה"; "אני לא יודעת לשחק בזה"; או "אני לא טובה בזה". בפועל הבנות היו טובות מאוד במשחקים כאלה. "הן היו לא פחות טובות מהבנים," קופר אמר, "אך מה שהן הביעו היה מאוד משמעותי. המסר שלהן היה: 'זה גורם לי אי־נחות קשה מאוד, במיוחד כשאני צריכה לעשות את זה לפניכם.'"

בכיתה אחרת באותו בית ספר, הוחל רק זמן קצר לפני כן בלימוד ממוחשב בעזרת תוכנה חינוכית, שהמסר שלה היה דומה מאוד לזה של "מפקדת הטילים". "על מנת ליצור מוטיבציה אצל הילדים, השתמשו המחנכים במטפורה או בפנטזיה שהתגלתה במחקר שלנו כמרגשת מאוד עבור הבנים ו'מלחיצה' מאוד עבור הבנות," קופר מסביר. לאחר מכן הוא והאף שיערו כי הציפיות שמחזיקים בהן מעצבי התוכנה אודות משתמשיה, משחקות תפקיד מרכזי בקביעת מהלך האינטרקציה בין המשתמש לאותה תוכנה.

לבחינת מודל חברתי פסיכולוגי זה – כי ציפיות של אדם אחד ביחס לשני מסוגלות לעצב את האינטרקציה ביניהם – ביקשו האף וקופר ממחנכים בעלי נסיון בתיכנות לעצב תוכנה עבור בנים, בנות או תלמידים. התכניות שעוצבו לבנים ולתלמידים נטו להיות יותר דמויות־משחק, בעוד שאת אלה שעוצבו לבנות ניתן לסווג ככלי לימוד. "תכניות לתלמידים נכתבות, כך נראה, עבור בנים בלבד," כותבים האף וקופר במאמרם, "אפליה מינית בתוכנה לימודית: השלכות של סטריאוטיפים אצל המעצבים על התוכנה שהם מעצבים". ..."כלומר, יתכן כי [מעצבים גברים ונשים] פשוט השתמשו ב'זכר' בתור ברירת המחדל של 'תלמיד'." לכן, **"לא המחשב ואפילו לא התוכנה, הם שורש האפליה המינית בתוכנה, אלא הציפיות והסטריאוטיפים של מעצבי התוכנה,"** מסכמים האף וקופר.

השלכה אחת ברורה לעין של אפליה זו לטובת הבנים היא שייתכן כי תוכנה לימודית מעוצבת על מנת למשוך בנים "ללא התחשבות בהשפעת עובדה זו על המוטיבציה של הבנות להשתמש בה או על הרווח הלימודי שבנות מפיקות ממנה. זה ללא ספק לא יכול להיות דבר טוב."

מקום העבודה בשנות השמונים המאוחרות
דיאלוג במערכת SYSTERS – התעשיה כנגד האקדמיה

"... כל חיי כאשת מקצוע רציתי ללמד באוניברסיטה. לא עשיתי את זה בגלל תערובת של בעית שני־הגופים (two-body) ובחירת גידול ילדים... שאלתי את עצמי הרבה פעמים אם אני אשה טיפוסית במחקר תעשייתי (לפחות בין אלה שקיבלו דוקטורט והכשרה לעבודה באוניברסיטה)."

"... אין ספק שזה בלתי אפשרי... להשיג קביעות תוך כדי עבודה חלקית. אבל כשהבחירה כרוכה בעבודה מלאה, אני חושבת ששתי המערכות (האקדמיה והתעשיה) קשות מאוד ואני לא משוכנעת שאחת מהן הרבה יותר קשה מהשניה..."

"... היתרון הברור של התעשיה על פני האקדמיה הוא שלעתים קרובות אפשר לעבוד עבודה חלקית למשך תקופה מוגבלת (כמה שנים נניח) ואז לחזור לעבודה מלאה מבלי שהרסת לחלוטין את הקריירה שלך. זה פשוט לא נכון לגבי האקדמיה, ששם השנים שבהן רוצים לעבוד עבודה חלקית חופפות בהרבה מקרים לאותן שנים שבהן עובדים לקראת קבלת הקביעות..."

"אני בהחלט הייתי מעודדת נשים שמקוות לשלב משפחה וקריירה לשקול חיי אקדמיה. אני חוששת שתהליך הקביעות הזה מבריח יותר מדי נשים מן האוניברסיטאות... אני קוראת שנשים, יותר מגברים, פוחדות מכשלון. גברים מסוגלים הרבה יותר לקבל כשלון. האם נשים לא נכנסות לאקדמיה משום שהן פוחדות מ'כשלון הקביעות' האפשרי, יותר מהגברים?"

"... לפני כשלוש שנים הופיע מאמר בשנתוני החינוך הגבוה, של פרופסור שסיפר איך הוא ואשתו (שגם היא פרופסור) היו זקוקים לצד שלישי – אשה... עיקר הטענה שלו היא שמבנה המשרה של חבר סגל מבוסס על תפיסות מיושנות של תמיכה חסרת ספקות, במשרה מלאה, של בת־זוג, ושהאוניברסיטאות חייבות לשנות את הציפיות שלהן מן הפרופסורים... השאלה היא: איך נעזור לאוניברסיטאות להיכנס למאה העשרים (כמעט ה־21)?...

לפני כמה שנים, עמית לעבודה, גבר אמריקני שעבד בג'נבה... אמר שהרבה מבין הנשים הלא־נשואות במוסד שלו, עבדו שעות רבות כל־כך עד שלא היה להן זמן לחיים אישיים. הן האמינו שעבודתן הקשה תבוא על שכרה; ההנהלה ניצלה לרעה את נכונותן למצוא חן ועודדה אותן, אך לא גמלה להן... ראיתי את התופעה הזאת חוזרת על עצמה הן בעולם התעשייתי והן בעולם האקדמי... יתכן שרבים לא יראו אותה קשורה לזהות המינית, אך אני מאמינה שזאת עוד דוגמה של מערכות כללים שונות לנשים ולגברים."

הערה אחרונה מאשה עם שלושים שנות נסיון:

"גברים עדיין מעירים בפני הערות סקסיסטיות, אבל אני מרגישה הרבה יותר טוב מאשר בשנות השישים. כמו נשים צעירות ממני, אני לא אומרת שתשומת לב היא דבר רע... אבל מחמיאים לי הרבה יותר על השמלה שלי, השיער שלי, המבטא שלי, מאשר על התוכן של מה שאני עושה ואומרת. אני פשוט מסובבת את המחמאות חזרה ואומרת להם כמה העניבות שלהם יפות, או איך גזרת הז'קט שלהם מבליטה את הכתפיים הרחבות, או כמה חמים הקולות שלהם וכו'. הם מתפתלים תחת מבט כזה בדיוק כמונו."

ילדים שמשתמשים בתוכנה שעוצבה למען המין השני חרדים יותר לאחר האינטרקציה שלהם עם התכנית, וחרדה זו גורמת לירידה בציונים בנושא האמור להילמד באמצעות התכנית.

"אולם, זה קורה רק כאשר הילדים משתמשים בתכנית בפרהסיה, כלומר, במעבדת מחשבים שנוכחים בה ילדים נוספים," אומרים המחברים. "כשמשתמשים בתכניות ביחידות, לא מתגלים הבדלים כאלה." האף וקופר מסיקים מכך כי מלבד הסטריאוטיפים המיניים הטמונים בתוכנה בשל ציפיות מעצביה, מצוי הפגם גם בתנאי ההגשה שלה.

תיגר על דיקסטרא: חבילות תוכנה כנגד תיכנות תהליכי

רעיון ניסויי שהוצע על ידי דניאל ברנשטיין, פרופסור עמית למדעי המחשב בקין קולג', יוניון, ניו ג'רסי, הוא פרדיגמה חדשה לחומרי לימוד במדעי המחשב, המעבירה מבוא למדעי המחשב באמצעות חבילות תוכנה במקום תיכנות תהליכי. היא עיצבה ולימדה קורס מתקדם הקרוי: "הבנה קונצפטואלית של חבילות תוכנה," המצריך ידע קודם במיחשוב ובכל זאת מדגים כי "יש מקום" לחבילות תוכנה בלימוד מדעי המחשב. הצעד הבא שלה הוא עיצוב קורס המציג את יסודות מדעי המחשב באמצעות חבילות.

לדברי ברנשטיין
החוקרים הראו כי נסיון קודם, תחושות של כח השפעה אישי ושל יכולת מתמטית הם חזאי הצלחה מרכזיים בקורסים במדעי המחשב. בהגדירה תחושות של כח השפעה אישי בתור: "ההרגשה שאת/ה שולט/ת במכונה ויכול/ה להשפיע על פעולתה,"
אומרת ברנשטיין כי יתכן שאלמנט זה, שהוא שונה מגברים לנשים הוא הגורם לדרגת ההישגים הנמוכה יותר של נשים במיחשוב.

לעתים קרובות, נסיון קודם מוביל לתחושות של כח השפעה אישי, כך אמרה, וחלק ניכר מן הנסיון הזה נצבר בחיפוש שיוזם התלמיד עצמו מחוץ לכיתה. "איך נכל להציע לנשים את אותו הנסיון?" היא שאלה.

שוב, תוך הפניות לחוקרים נוספים, היא ציינה כי בעוד הגברים עשויים לחוש רגשות עזים כלפי מחשבים, נשים משתמשות במחשבים בתור כלים לפתרון בעיות. כאשר אינן רואות במחשב כלי יעיל, הן מאבדות ענין בו, אך כשבני שני המינים רואים במחשבים כלים, הביצועים שלהם שווים ברמתם. בהתחשב בחומרי הלימוד הנתונים במדעי המחשב, הכוללים Basic, Pascal והדגשה על חלוקה של פונקציות צעד אחר צעד ועל תכנון פורמלי בשפות פורמליות, הנשים מאבדות ענין, היא אמרה.

לטובת הגישה החדשה שלה, הסבירה ברנשטיין כי חבילות התוכנה קשורות פחות במתמטיקה ומאפשרות לתלמידים להגיע מהר להישגים פונקציונליים. היות שחבילות תוכנה "מבצעות במהירות עבודה אמיתית, נשים התופסות את המחשבים ככלים ולא כצעצועים, תוכלנה לחוש במטרה שלהם." הצלחה ראשונית וביצוע עבודה מביאים לסיפוק מיידי; הרפתקאות וניסויים נעשים קלים וטבעיים יותר, והטעויות פחות נראות לעין וגובות מחיר נמוך יותר כשמדובר במסדי נתונים. ברנשטיין הוסיפה, עבודת צוות, המועדפת על ידי נשים, מתרחשת בצורה ספונטנית יותר בסביבת חבילות.

אך האם התחום הנלמד הוא מדעי המחשב? לדברי ברנשטיין – כן. חבילות תוכנה מסוגלות לספק מבוא למדעי המחשב העולה על מה שנלמד באמצעות שפות פרוצדורליות. הוראה של יישומים מתוחכמים מסוגלת להדגים ולחזק מושגים במיחשוב כגון קבצים, רשומות, שדות, זכרון, אחסון משני, אופרציות בוליאניות, פורמטים לעומת תכנים של משתנים, כך אמרה. חבילות כרוכות במבני נתונים, עיבוד תמלילים מטפל בנתוני שרשרת (string data) ובגליונות אלקטרוניים יש מבנים מובלעים. במערכות לניהול מסדי נתונים המשתמש ממש מגדיר את מבנה הנתונים, בעוד שבקובול ופסקל התכניות מכילות את מבני הנתונים. "נושאים אלה (קבצים, רשומות, וכו') ניתנים לבדיקה ללא התקורה של תכנון תכניות נרחב או של בעיות התחביר העלולות להוות מכשול למתחילים," אומרת ברנשטיין. "אחר-כך התלמידים יכולים להעתיק את המושגים הללו בהצלחה לתיכנות הפרוצדורלי."

ברנשטיין התייחסה למחלוקת בנושא הוראת מדעי המחשב שתועדה בירחון זה, בדצמבר 1989, ובמיוחד למאמרו של אדסגר דיקסטרא, "על האכזריות שבהוראה אמיתית של מדע המיחשוב." היא קראה תיגר על הצעתו להפוך קורסי מבוא לתיכנות, לקורסים במתמטיקה פורמלית. בצטטה מדיקסטרא הסבירה ברנשטיין כי קורס כזה יעשה שימוש בשפת תיכנות בלתי מיושמת "כך שהתלמידים יהיו מוגנים בפני הפיתוי לבדוק את התכניות שלהם". היא מתנגדת לגישה זו שתרפה את ידם של מי שמבקשים "לראות, לפרק, לנסות ולהיכנס לאינטרקציה" עם המחשב כדי להבין עקרונות. לכן, לדבריה, תוביל הגישה של דיקסטרא לדלדול נוסף במחלקות למדעי המחשב.

היא מסיימת את מאמרה כך, "הוראת מושגים בתוכנה עברה מסלול מקביל להתקדמות התפתחות התוכנה. בכל פעם שהתוכנה הפונקציונלית הוסיפה להתרחק מפרטי החומרה, קמה צעקה נגד מהילה נוספת של מדעי המחשב. אך כל צעד כזה עודד מגוון רחב יותר של אנשים לעסוק במחשבים. הבנה מושגית רצינית של חבילות יישומיות תמשיך את המגמה הזאת." בסדנה אמרה ברנשטיין: "לדידי הגישה של דיקסטרא פירושה, 'מדעי המחשב נהפכים קלים מדי. בואו נשמור את בני התשחורת בחוץ'."

האקדמיה נגד התעשיה

נשים שיש להן ענין במדעי המחשב ושמתחילות ללמוד לתארים מתקדמים, ניצבות בפני מחסומים עצומים, לדברי הנרי אצקוביץ, פרופסור עמית לסוציולוגיה ב-Suny פרצ'ס ומדען אורח במחלקה למדעי המחשב באוניברסיטת קולומביה. המחקר שלו, הממומן ע"י ה-NSF, בוצע בשיתוף עם קרול קמלגור ומיכאל נוישץ. הוא קרוי: "המגבלה הסופית: מכשולים בפני נשים במדע ובהנדסה אקדמיים." המחקר מקיף נשים במדעי המחשב, בהנדסת חשמל, כימיה ופיסיקה.

באוניברסיטה מובילה במחקר אותרו 350 סטודנטיות ו-76 עוזבות.

נערכו ראיונות אתן ועם סגל המורים שלהן, נאספו נתונים מתוך הרקורד האקדמי על מנת לקבוע עד כמה מותאמות תרבויות המחלקות השונות לקליטת דוקטורנטיות וחברות סגל ולתמיכה בהן. "המטרה הספציפית שלנו היתה לקבוע האם הרקע הלאומי של חברי הסגל קשור ביחס מפלה כלפי דוקטורנטיות," אמר אצקוביץ. הוא מצא כי לנשים מעטות יותר היו מנחים לא-מערביים, אך אלה שהיו להן כאלה דווחו על יחס פחות מפלה כלפי נשים כמדעניות. זה היה נכון במיוחד לגבי מנחים סיניים והודיים. עבור חברי סגל אלה נשים היו בבירור במעמד חברתי נחות, אך הזהות המינית נתפסה כבלתי-קשורה לעבודה. אצקוביץ הסביר, "הפרדה זו איפשרה להם לראות את הנשים כמדעניות, ללא ערבוב בין הזהות המינית למעמד המקצועי והחברתי." מצד שני, הדיווחים הרבים ביותר על דעות קדומות נגד נשים, היו לגבי חברי סגל גברים מארצות ים-תיכוניות ומהמזרח התיכון. כמו כן מצא אצקוביץ הפרדה מינית של מדענים, כלומר, תחומים מסויימים במדע המסווגים כתחום המיוחד לגברים או לנשים, דבר הגורם לשני המינים להימנע מעיסוק בתחומים מסויימים. שטח התיאוריה של מדעי המחשב, למשל, הוא דה פקטו מחוץ לתחום לנשים, באורח דומה מאוד לפיסיקה של חלקיקים. אך שפה טבעית נתפסת על ידי חלק מחברי הסגל הגברים כתחום המתאים יותר לנשים שכן הוא קרוב יותר לחלוקות העבודה המסורתיות, כגון "תפקידן האקספרסיבי המסורתי של הנשים וכן מיומנויות של כתבנות בתוכנה."

אצקוביץ מצא ציפיות בלתי מצטלבות אצל חברי סגל גברים ודוקטורנטיות; דוקטורנטיות מבקשות ללמוד את האסטרטגיות הנחוצות להעלאת הבטחון העצמי, וחברי הסגל הגברים מניחים שפירוש הדבר רצון "בהכוונה מפורשת בביצוע מחקר". חברי סגל אלה חשבו שהסטודנטיות רצו שיורו להן מה לעשות ואיך לעשות זאת, בעוד הסטודנטיות דווחו כי הן ביקשו "הכוונה באיך להצליח במקצוע."

סטודנטיות למדעי המחשב דיווחו על אפליה מפורשת ומובלעת כאחד, בעלת "השלכות אקוטיות," אמר אצקוביץ. בטחונן העצמי, יכולת הביצוע שלהן והקידום המקצועי שלהן סבלו. באורח בלתי מפתיע, נוטות נשים לחפש אחר נשים חברות סגל. אך שלא כמו הגברים, הנרשמים אצל חברת סגל רק לאחר שהיא הוכיחה עצמה בתחום באופן בולט, הסטודנטיות נרשמות משום שהן רוצות במנחה מבינה. פתרון אחד שאותר על ידי דוקטורנטיות בהנדסת חשמל היה לנסות לבצע מחקר בתחום התעשיה, שם הן הצליחו לעתים תכופות למצוא נשים מנחות.

גורם נוסף הדוחק נשים מן האקדמיה לתעשיה הוא "שעון הקביעות (tenure) כנגד השעון הביולוגי".

אשה אחת בין הנחקרות של אצקוביץ החלה לעבוד ב-יב"מ מיד עם סיום התואר הראשון ולא שקלה אפילו המשך לימודים עד לאחר לידת ילדיה. עבורה, ועבור מרבית הנשים, המסלול האקדמי והקביעות לא התיישבו עם גידול משפחה. במדעי המחשב "לא מעודדים הריונות ומעודדים בעלות תארים עם ילדים לקחת חופשות ללא תשלום הנטות להפוך לעזיבות." נשים מצפות לכך וזה גורם לחרדה. לאחר שהשיגו תואר אין כל אפשרות מעשית לעבוד במשרה חלקית באקדמיה וחופשות ללא תשלום הופכות לא אחת להתפטרות. לדברי אצקוביץ נשים אלה מגלות שעליהן לבחור בין שתי גישות. דרך אחת היא לאמץ את "המודל הגברי" להצלחה באקדמיה, התובע התמסרות רדופה, שלא לומר אובססיבית, עד לקבלת הקביעות, כולל לחצי הפרסם-או-היעלם העשויים להוביל לניצול של מספר גדול ככל האפשר של סטודנטים. דרך שניה היא כניסה לתעשיה שבה המשרות שלהן הן יותר תשע–חמש ושבהן מעט קל יותר לאזן את צרכי הקריירה והמשפחה. נשים מעטות יחסית מאמצות את המודל הראשון ורבות יותר את השני, הוא אמר.

אצקוביץ סיכם באמרו כי ניתן להפחית מכשולים מבניים עם פיתוח מסה קריטית של נשים חברות סגל ודוקטורנטיות במחלקות למדעי המחשב. הוא הציע שינוי במבנה מסלול הקביעות על מנת לאפשר לוח זמנים גמיש יותר, וכן ערוב סטודנטים וחברי סגל בתהליך גיוס הסגל. הוא ראה צורך בהתערבות אגרסיבית מצידן של סוכנויות מימון, על מנת להבטיח כי שינויים אלה יתבצעו.

המלצות

לאחר ההצגות התחלקה הסדנה לקבוצות עבודה שניסחו דרכים מומלצות לחשוף בנות ונשים לתחום המיחשוב, למשוך אותן לתחום ולהשאיר אותן בו. ולרי קלארק, פסיכולוגית חברתית מאוניברסיטת דיקין, אוסטרליה, דיברה בשם קבוצת החשיפה, שהתמקדה בהתנסויות והזדמנויות במיחשוב לקבוצת הקדם-קולג'. לדעת קבוצת העבודה היה עליה להתייחס לכלל תכנית הלימודים, עד סוף כתה י"ב, אך מסיבות מעשיות היא התרכזה בחטיבות ביניים בלבד. זהו שלב מכריע שכן בין גיל 11 ל-14, "ילדים משני המינים נוטים לזנוח את המחשבים," אמרה קלארק. "למרבית הילדים ברמה היסודית יש ענין במחשבים, כשניתנת ההזדמנות, אך בחטיבת הביניים נוטה הלחץ של קבוצת בני גילם להרחיק יותר ילדים מן המחשבים." נוסף לכך, אצל בנות בגיל זה מוגברים במיוחד ההעדפה לעבודה בקבוצות והצורך ברלבנטיות נראית לעין.

הקבוצה הדגישה את הצורך בתכנית לימודים אמביציוזית ומקיפה יותר, המסתיימת בכתה י"ב, תוך התחשבות במשאבים. "אין כמעט טעם להמציא תכנית המניחה שיהיה מחשב אחד על כל שניים עד שלושה ילדים כשאין שום דבר דומה לזה בבתי הספר." אמרה קלארק.

בהצביעה על התוכנה הלימודית הבלתי הולמת והדרכת המורים הלקויה, אמרה קלארק כי התוצאה היא שאצל מורים רבים עלולים להיות חוסר בטחון והיעדר הערכה עצמית. הם, מצידם, פוחדים שתלמידיהם יודעים יותר מהם. לכן חשוב מאוד לספק למורים תכניות לימוד אבל אין די בכך; יש צורך בצעדים לבניית בטחונם העצמי של המורים כך שיעשו שימוש בתכניות ויחושו שליטה מספקת.

היא התיחסה למחקרים המורים כי הפוטנציאל תלוי אצל בנות, במידת-מה, ברמת ההשכלה של אִמן. קלארק אמרה שיש לטפל בבעיה הכוללת יותר של חינוך הציבור באמצעות פרסום וכלי התקשורת. רצון טוב ותכנית לימודים ממדרגה ראשונה לא יעמדו בפני אמהות המבקשות להוציא ילדות מן הכיתה או מבית הספר, כשאלה נכשלות במחשבים, אמרה קלארק.

הקבוצה שעבדה על השארת נשים בתחום המיחשוב יוצגה על ידי דניאל ברנשטיין, שציינה כי לדידן של נשים וקבוצות מעוטות יכולת, קורסים במחשבים גוזלים יותר זמן מקורסים אחרים, ותחושתן היא כי הן לא זוכות לכמות הנקודות הראויה, בהתיחס למספר שעות העבודה המושקעות. "הם יכולים לזכות באותן שלוש נקודות על קורס בשיווק, שבו הם פשוט קוראים ספר ומבינים אותו," היא הסבירה. מעבדות בכימיה ופיסיקה אינן מצריכות פרקי זמן בלתי ידועים לפתרון בעיות. על מנת ליצור מוטיבציה אצל תלמידים מעין אלה, הערים לניקוד ולזמן, הקבוצה הציעה שיעורי מעבדה מובנים עם תרגילים שניתן לסיים לפני עזיבת הכיתה. שיעורים כאלה אף יוכלו למתן את התחרותיות המיוחדת לתרבות המחשבים, הכרוכה בהתרברבות על מספר השעות שהוקדשו לעבודה במערכת למציאת הפתרון הטוב ביותר.

תוך מבט בדרך שבה מלמדים תלמידים לקרוא, הקבוצה הציעה לעודד אותם לקרוא תכניות. בלימוד של מרבית המקצועות, ובמיוחד של שפות זרות, התלמידים לומדים לקרוא ולא רק לכתוב, אמרה ברנשטיין. "דומה כי מערכות מיחשוב הן הנשא היחיד שבו אנחנו מלמדים אנשים לכתוב מבלי להעניק להם מודל מנטלי כלשהו. דרך טובה יותר היא לכלול קריאת תכניות," ברנשטיין הסבירה.

קבוצה זו טיפלה גם בנשא הגישה למחשבים. כיוון שתלמידים מגיעים לביצועים טובים יותר ביחידות, הקבוצה חיפשה דרכים לעזור לכל סטודנט לרכוש מחשב אישי לשימוש בחדר מגוריו. הוצע שקולג'ים יבליעו את מחיר המחשב בשכר הלימוד, כך שייכלל בהוצאות המכוסות על ידי הלוואות לסטודנטים. מחשבים בחדרי המגורים יתנו גם לכל סטודנט תחושת שליטה; היא או הוא

סקר של מחקרים בנושאי הבדלים בין־מיניים במיחשוב

שיטות המחקר בחלק גדול מן הספרות על הבדלים בין־מינים ומיחשוב הן לא רצינויות והתוצאות שלהם מעורפלות, לדברי רובין קיי, סטטיסטיקאי מאוניברסיטת טורונטו שהציג ממצאים משלו בסדנה. לאחר ניתוח של 90 מחקרים מסוג זה במהלך חמש השנים האחרונות, טוען קיי כי ערבוביה כאוטית של הגדרות מטשטשת את הממצאים בתחום זה, המצוי בתהליך של גידול מואץ. מרבית המחקרים מנסים להבין את הדינמיקה של הדרכים בהן בני שני המינים שונים זה מזה באינטראקציות שלהם עם מחשבים. לדבריו, הם עושים זאת תוך שימוש "בפרדיגמה תיאורית." למשל, חוקרים אוספים סטטיסטיקות על גישות בכשירות במיחשוב ושימוש במחשבים. אך אין שום קונצנזוס על הגדרותיהן של התופעות האלה, ולעתים יש חפיפה חלקית בין הגדרות של תופעות שונות. קיי מצא כי "גישה כלפי מחשבים" הוגדרה ב־15 דרכים שונות בהתייחס לקבלה, כולל קוגניציה, בטחון והרשמה לקורסים. "כשירות" הוגדרה בהתייחס לתוכנה יישומית כללית, מודעות, נסיון, טרמינולוגיה, שפת LOGO, תיכנות בכלל, עיבוד תמלילים ומשחקים. "שימוש" הוגדרה כהשתתפות במחנות מחשב, הרשמה לקורסים, משחקים ובעלות. "קולז' של הגדרות" מעין זה מוביל לדיווחי ממצאים סותרים. אלה עשויים להיות גורפים מאוד, כדוגמת אמירה כי לבנים יש גישה חיובית יותר מאשר לבנות כלפי מחשבים, בעוד דיווחים אחרים יטענו את ההיפך. לכן, כל מה שניתן לומר על הבדלים בין־מיניים ביחס לתופעות הללו – כשירות ושימוש – הוא כי "תלוי איזו גישה מודדים, אילו מיומנויות מעריכים ואיזה שימוש נעשה במחשב," אומר קיי.

אך מגוון ההגדרות הוא לא התרומה היחידה לתוצאות הסותרות, קיי אומר. נוהגים סטטיסטיים לא תקינים, כגון שימוש במספר נחקרים קטן מדי עם מספר משתנים גדול מדי, חורגים מהנחות היסוד הסטטיסטיות ומטשטשים את פירוש הנתונים. חוקרים כורכים יחד קבוצות גיל שונות – לדוגמה, תלמידי גן עד סוף י"ב – למרות שיש לצפות להבדלי גישות וידע בין ילדים בני 5 ובני נוער בני 17. גרוע מזה, יש חוקרים המתארים את המדגם באורח בלתי מספק כך שחוקרים אחרים אינם מסוגלים להעריך את השפעתם של גורמים שלא הוזכרו.

קיי הודה כי יתכן שמורכבות ההתנהגות עם מחשבים מצדיקה הסברים מורכבים. אך הוא הציע כי תחת זאת מה שקיים הן מתודולוגיות ופירושי ממצאים בלתי־עקביים היות והתחום מצוי בשלב התפתחות פרה־פרדיגמטי. הוא מאמין שזה הזמן למעבר משיטות תאוריות, סטטיסטיות, המתמקדות בשאלה מהי אותה התנהגות, לשיטות של הערכת איכויות, המסוגלות להסביר מדוע זכר ונקבה שונים בהתנהגותם. שיטת המחקר הנוכחית אינה מביאה את החוקרים מספיק קרוב לתהליך שמאחורי האינטראקציה בין אדם למחשב, אומר קיי. לכן, בדומה לשרי טרקל וסימור פאפרט, הוא תומך בהסתכלות בסביבות עבודה טבעיות או אמיתיות ובניתוחן. לשתי השיטות יתרונות ומחדלים, אולם ללא מעבר לשיטות מבוססות־איכות, התחום ימשיך לדווח רק את חלקי הפאזל וייכשל בפיתוח תיאוריה כוללת.

קיי מציע במאמרו כי תחום המחקר הגדל הזה עשוי להוביל להדגשת־יתר של תפקיד הזהות המינית באינטראקציה בין אדם למחשב. משתנים, כגון בעלות, קורסים במתמטיקה, נסיון וחינוך כללי, נראים חשובים יותר לטענתם של מספר תיאורטיקנים. מחקרו של קיי, שהיה בדפוס בעת קיום הסדנה, מראה כי הגישה הקוגניטיבית, המודעות, והתוכנה היישומית, עולים על הזהות המינית בקביעת המחוייבות לשימוש במחשב. "זה עשוי להיות מועיל יותר, אם כך, להעריך איך זהות מינית משתלבת בשקלול הכולל של המשתנים הקובעים התנהגות קשורת־מחשב. השוואה בין המינים לגבי רשימה ארוכה של סעיפים נוטה לטשטש נושאים של תהליך ודינמיקות. זהות מינית היא רק חלק אחד בפאזל של אדם–מחשב."



לבדם יכירו ויוכלו לגשת לתוכן הדיסק הקשיח, למשל. "למי ששולט בסביבה יש יותר בטחון עצמי. אחרת זה כמו לבשל במטבח של מישהו אחר; לא יודעים איפה למצוא שום דבר," ברנשטיין אמרה.

על מנת לעודד תלמידי תיכון ללמוד מיחשוב במכללה, הציעה הקבוצה כי מחלקות למדעי המחשב במכללות "יאמצו" בתי ספר תיכוניים. הם הציעו גם חונכות מדורגת: דוקטורנטים יהיו חונכים של סטודנטים לתארים ראשונים, תלמידי מכללות יהיו חונכים של תלמידי תיכון וכך הלאה. המבנה המדורג יפחית, בדרגים הנמוכים, את התלות באותן פרופסוריות למדעי המחשב המהוות מודלים לחיקוי.

על התעשיה לספק גם היא מודלים לחיקוי. יש ליישם תכנית בקנה מידה גדול להבאת מרצים אורחים מן התעשיה בפני תלמידי תיכון. כמו־כן, על התעשיה להכניס לעבודה בפרויקטים לא רק תלמידי מכללות, אלא גם תלמידי תיכון. על מנת למשוך עובדי תעשיה למאמץ זה ולמנוע תפיסה של המשימות הכרוכות בו כמטלות חובה הגוזלות מן הזמן המוקדש לתפקידם האמיתי, הציעה הקבוצה פיתוח של מערכות תגמולים על ידי החברות, אולם היא לא ציינה אילו סוגי תגמולים.

להרחבת הראיה של האופציות המקצועיות אצל סטודנטים, הציעה הקבוצה להזמין בוגרים לא רק מבין אלה שסיימו בהצטיינות אלא גם מבין אלה אשר סיימו בציונים בינוניים. באמצעות ביקורים שלהם ילמדו הסטודנטים כי אנשים רבים, שהרקורד האקדמי שלהם הוא פחות ממושלם, מצליחים מאוד בשוק העבודה, אמרה ברנשטיין. דייאן מרטין העירה על כך,

"נדע שהצלחנו כשזה יהיה בסדר שאשה תקבל ציון בינוני במדע, מתמטיקה, הנדסה ומדעי המחשב. כרגע, אם את לא מצטיינת או כמעט מצטיינת, את אפילו לא חולמת להיכנס לתחומים האלה."

הנשים הנמצאות כיום בתחום הן רק אלה בעלות ההישגים הגבוהים, היא אמרה. "אנחנו לא מגיעים למי שיש לה הישגים בינוניים או ממוצעים. אבל יש גברים בעלי הישגים ממוצעים בכל התחומים האלה."

קרול אדוואודס הוסיפה על המלצות הקבוצה קריאה לסיוע כספי מוגדל, במיוחד כמענקים. "כשרייגן עבר ממענקים להלוואות, זה פגע באנשים העניים ביותר. זה לא הזיק לאלה שמשתמשים לטענתו בכסף לקניית מערכות סטריאו כשהם לומדים בקולג'," היא אמרה. האנשים העניים ביותר – נשים צבעוניות, אמהות לילדים קטנים – פשוט לא ראו עצמן נכנסות לחובות כאלה ומסוגלות בסופו של דבר לשלם אותם, הסבירה. אדוואודס גם קראה להענקת קביעות ולקידום עבור הוראה מצטיינת. "בדיוק כמו שיש כרגע אנשים שמקבלים קביעות בגלל המחקר שלהם," היא אמרה, "צריך לראות גם בהוראה מצטיינת קנה מידה למסלול קביעות."

בסיכום המלצותיה של קבוצת העבודה שעסקה במשיכה למקצוע, חזר רובין קיי על הצורך בחינוך הורים. אנחנו עדים לקיום סטריאוטיפים בסוגי הצעצועים שהורים מעודדים את ילדיהם לשחק בהם, ולעתים קרובות הורים מניחים כי לבנים יותר מאשר לבנות צריך לספק גישה למחשבים. "הורים נוטים יותר לקנות מחשבים לבנים, ואם יש לך מחשב בבית כשאתה צעיר, אתה מתרגל אליו." על מנת להבטיח שהבנות לא יישארו בחוץ, צריך לעודד את הגישה הרואה במחשב כלי, הוא אמר. התפשטות המיקרו־מחשבים מאפשרת זאת כיום. שכן, בניגוד לשנות השבעים וראשית שנות השמונים, כאשר צריך היה לדעת תיכנות על מנת להשתמש במחשב, נעשינו – באמצעות המחשבים האישיים – "יותר אינדיבידואליסטיים. אפשר לבצע בעזרת המחשב מטלות שהכיוון שלהן הוא הרבה יותר כשל כלי ואין צורך לתכנת."

ולבסוף, באשר לאפליה בין־מינית בתוכנה, העיר קיי כי החברות מאמינות שהשוק שלהן זכרי. יותר מזה, הן חושבות כי אם יחלו לכוון חלק מהפרסום שלהן אל נשים, הן עלולות להרחיק את הגברים. הוא הציע לנסות לשכנע חברות כי קיים שוק מעשי של נשים שאותו הן מנתקות. "אם יקבלו את זה, הן יחשבו שאפשר להרוויח יותר. כסף אכן מזיז דברים."

לסיום העיר מרטין כי "זוג המלים המדהים ביותר היום הוא 'מכשלה מצטברת'." המלים מעידות על סדר עדיפויות בנושא ההקצאה מחדש של אנרגיות ומשאבים.

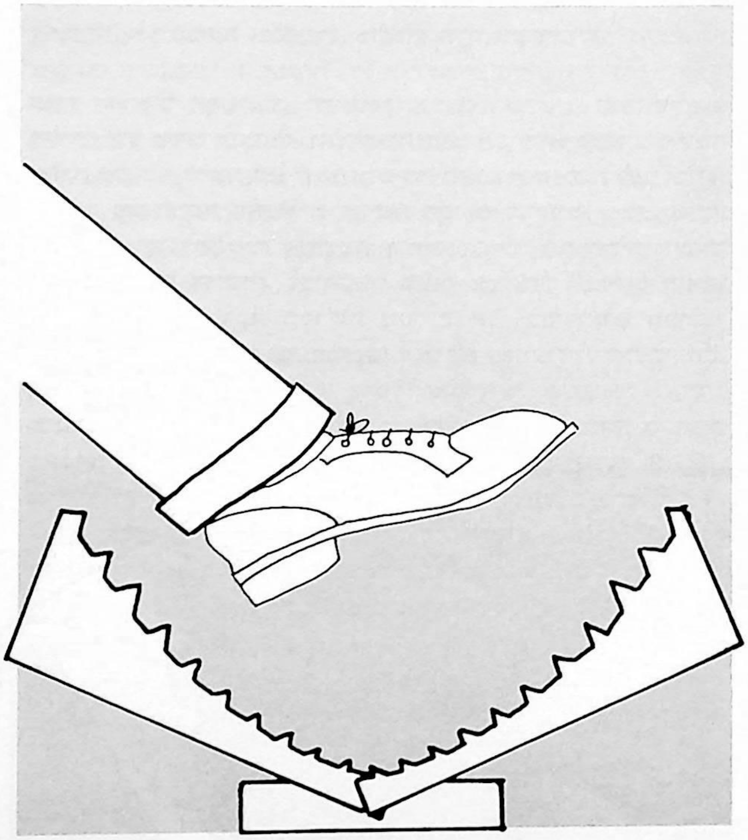
"מסתבר שאם את אשה, את עניה ואת מיעוט, המכשלה מצטברת, זאת הנקודה שבה צריך להשקיע את המשאבים המצטברים. המחקר מראה, חד־משמעית, שקיים אפקט מצטבר כזה."

אם לא יטופלו הנושאים שנדונו כאן, הכל עומדים להפסיד. המקצוע עלול למצוא את עצמו שואל שאלות לא נחות, מאוחר מדי. גם כך כבר יש מקום לתהות כמה רעיונות, שעשויים היו להוות חלק מתרומת הכשרון הנשי, כבר לא יועלו לעולם בתחום מדעי המחשב האקדמיים. במבט רחב יותר, מה ההשלכות עבור החברה שלנו, הנסמכת יותר ויותר על מחשבים, כאשר נשים – כמחצית מן האוכלוסיה ומכח העבודה המקצועי – אינן מוכנות כדוגמת הגברים בתחום זה? אולי לא נצטרך לענות.

גדעון סמיד

נקיטת צעדים בלתי שגרתיים – אך יעילים – לאבטחת מחשבים

מנהלי מערכת מתמודדים עם מטלה שנראית בלתי אפשרית כמעט והיא אבטחת שלום נתוניהם. ללמוד לחשוב כמו פורץ עשוי להיות הצעד הראשון לאבטחה משופרת.



Taking uncommon – but effective – steps for computer security. Bv Gideon Samid. D&G Sciences, Virginia Technology Corporation

תורגם מתוך "Computers in Banking", מרס 1989, באישור המחבר.
גדעון סמיד, הינו נשיא חברת "D&G Sciences – Virginia Technology Corporation". צבר נסיון עשיר בתחום בו דן המאמר במהלך עבודתו עם ארגונים רבים בארה"ב – קטנים כגדולים, שכולם עתירי ידע ומידע מסווג או בעל ערך מסחרי, שאצור באמצעי מחשוב.

היכולת לשמור על הנתונים האגורים במחשבים מחוץ להישג ידם של בלתי־מורשים, מהווה היום אתגר מולו ניצבים מנהלי מערכות מידע. נדמה שלאחר כל שיפור באבטחת הנתונים, צץ מישהו עם רעיון כיצד לנפץ אותו. אולם, פיתוח המודעות לפגיעות במערכת ויישום של מספר טכניקות בלתי שגרתיות עשוי לתת למנהלי המערכות כלים שיגרמו לפורצים עיכוב ותסכול.

מנהלי מערכות וקציני בטחון צריכים ליטול פסק זמן ולעשות היכרות עם דרך חשיבתו של הפורץ. רק כך יוכלו לפתח רגישות לפגיעות במערכת עליה הם ממונים. מודעות כזו מהווה דרישת קדם להתקנתה של מערכת הגנה מבוצרת.

אין מערכת מחשב החסינה בפני פריצה. אבטחת מחשבים חייבת להתחיל בזיהויו של הנהנה העיקרי מהפריצה. אחר־כך יש לקבוע את הערך שיפיק הפורץ כתוצאה מהחדירה. ערך זה צריך להיות נמוך מהמאמץ או העלות הנדרשים להשלמת החדירה. כל עוד נטה המאזן בין העלות לתועלת לרעתו של הפורץ בכח, נמצאת המערכת למעשה במצב של חסינות מפני פריצה.

כמובן, העלות והתועלת חייבים להיקבע ע"י מתכנני האבטחה תוך שהם נוקטים נקודת השקפה של פורץ פוטנציאלי. שגיאה בשיקול כפול זה משמעותה פשרה באבטחה ופריצה היא ענין של זמן בלבד. כל עוד יאמינו הפורצים הפוטנציאליים שהפרס למלאכת המחשבת שלהם שווה את המאמץ, הם ימשיכו לנסות. קושי עיקרי טבע מהעובדה שלעתים אנו דנים בשביעות רצון וסיפוק נפשי מהצלחת החדירה יותר מאשר הפקת יתרונות כלכליים או פוליטיים.

עם זאת, הדרך הטבעית לקביעת עלות/תועלת ניתנת לניצול כך שרמת האבטחה תעלה. אפשריות שתי גישות. האחת, להסתיר את הפרס שאמור להתקבל מחדירה פוטנציאלית בצורה כזו שגם אם זו פשרה, הפורץ לא יהיה מודע לכך שהוא מצא אוצר. השניה, למשוך את הפורץ למערכת כזו שתגרום לו להאמין שממתין שם פרס רב־ערך.

שיטת ההסתרה ניתנת ליישום ללא סיבוכים מיותרים. הדרך הפשוטה ביותר נקראת הטבעה (drowning). נתונים בעלי ערך מוטבעים באוקינוסים של אשפה. הנתונים המוגנים נראים חיצונית כאשפה שמסביבם, או להיפך. מה שחשוב הוא שהסוואתם תהא מוצלחת כך שלא ניתן יהיה להבחין בהם בקלות. גם אם העבריין משוכנע שהקובץ אליו הצליח לפרוץ מכיל את הנתונים הנחשקים, מאמץ מיצויו של הזהב מהסיגים צריך להיות מייגע ולמעלה מכוחותיו. שוב, גורם העלות/תועלת נכנס לתמונה.

גישה מורכבת יותר, אך יעילה במיוחד, לאבטחת מידע במחשבים היא שתילת מלכודות. מלכודת הינה פיסת תוכנה שמטרתה להעסיק את הפורץ בדו־שיח כך שיחשוב שהמערכת ניתנת לחדירה, אך בינתיים מתבצע מעקב על מנת להתחקות אחריו. הטכניקה דומה מאוד לאיתור מקום הימצאו של מטלפן אלמוני ופיתויו להאריך בשיחה. המלכודת נלחמת בווירוס חודרני באותם כלי נשק בהם הוא עושה שימוש. וירוס מצליח אם הוא נראה חוקי, גם מלכודת מצליחה באותה שיטה.

המלכודות כה יעילות עד שלעתים מספיקה הכרזה על קיומן כדי להפחית במידה ניכרת את נסיונות הפריצה. הידיעה שיש בלש סמוי במערכת מהווה גורם מעכב רב־עוצמה.

המחסום הנפוץ ביותר העומד מול הפורץ הוא הסיסמה (password). רשתות מתוחכמות מאפשרות למשתמש לנסות להיכנס שלוש או חמש פעמים לפני ניתוק הקו. נוהל זה תוכנן על מנת להגן על המערכת מפני נסיונות חדירה ברוטאליים של פורצים המנסים מספר אינסופי של סיסמאות. במקום להגיב ע"י ניתוק סתמי של הקו, המערכת מבצעת את ההיפך: מאשרת את נסיון החדירה המסוים וממתינה לפורץ. פעולה זו הופכת את ההגנה המרחבית ליעילה הרבה יותר; ראשית, ניתן לאתר את מסוף הגישה; שנית, ניתן לשדר מידע מוטעה השקול לסימון שטרות הכסף המשולמים ככופר בעת חטיפה.

ההגנה באמצעות סיסמה שוות־ערך לנטילת מפתחות המכונית איתך כאשר אתה מחנה אותה. היא מעכבת את הגנב המזדמן אך לא את המקצוען הנחוש בדעתו. התרמית הנפוצה ביותר בסיסמאות היא תסמונת קו מז'ינו. אתה בונה את מערך ההגנה שלך בטור אחד בעוד אגפיך חשופים. כמה חבילות תוכנה יישומיות למחשבים אישיים מציעות סיסמאות לאבטחת קבצים. בלא ידיעת הסיסמה החבילה לא תאפשר גישה אך מערכת ההפעלה תחשוף את הקובץ בלא התנגדות. פעולת bit-map תאפשר זאת אם כל היתר נכשל. פורצים החודרים לרשתות תקשורת מקומיות (LANs) נתקלים בגליונות עבודה רגישים המוגנים ע"י סיסמאות סתומות, אשר בעליהם נוטים לשכוח אותן בכל מקרה.

רשתות מבוססות מיניים לוקחות את נושא הסיסמאות ביתר־רצינות בדרך־כלל, וכמובן משתמשות במספר שכבות.

מנסיוני, למדתי כי מנהלי מערכות רבים אינם מודעים לשיטות הבסיסיות אותן נוקטים פורצים כדי לפצח סיסמאות. מרבית המנהלים מצטטים את הגישה הברוטאלית וטוענים שיידרש נצח נצחים על מנת לפרוץ למערכת עם 10,000 או אף 500,000 סיסמאות מתוך המספר האסטרונומי התאורטי האפשרי. במציאות, כל פורץ רציני מתחיל לעבוד עם רשימת סיסמאות המפחיתה באורח דרמטי את מספר נסיונות הניסוי ותעייה (trial-and-error) שהוא עורך. גם אם המשתמשים מקבלים סיסמה התחלתית הנוצרת ממחולל מחרוזות אקראי, שמורה בידם הזכות לשנות את הסיסמה ובפועל הם מקבלים עידוד לבצע זאת באורח תקופתי. ברגע שאנשים בוחרים סיסמה, הם נוטים להימשך לרשימה ומשיקולים פנימיים עמוקים כלשהם הם משתמשים באותם צירופים.

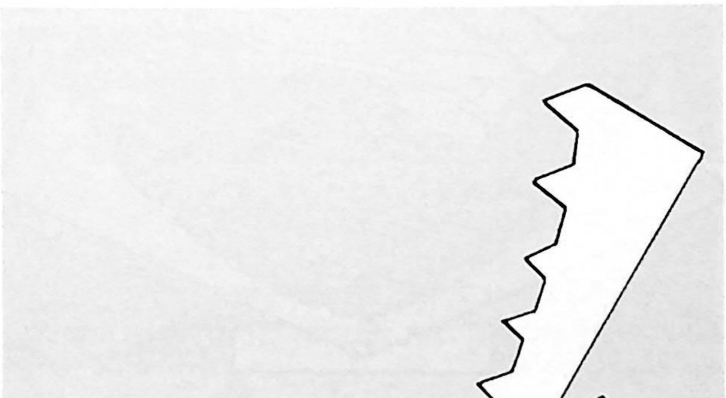
פורצים רבים, בזמן זה או אחר, עובדים בצורה חוקית ברמת המערכת של הרשת ויש להם גישה לרשימת הסיסמאות הנוכחית. אין צורך בגאון בסטטיסטיקה כדי לעבד את הרשימה ולשלוף את שכיחות צירופי המחרוזות ואז להשתמש בתוצאה כדי לבצע נסיונות פריצה מהירים למערכות הגנה המבוססות על סיסמאות. אולם, מרבית המשתמשים טרודים מהחשש שישכחו את סיסמתם שלהם ולכן הם נוקטים בשיטות קלות כמו תאריך לידה וכו׳ בבואם לבנות לעצמם סיסמה.

גם עם הרשימה ביד, עדיין נחוצים נסיונות רבים כדי לפרוץ את המערכת אם נוקטים התקפה חזיתית כזו. מנהלי מערכות חשים שניתוק הקו לאחר שלושה או חמישה נסיונות נפל מבטיח הגנה טובה, אולם קוד החדירה פשוט מחייג שוב ושוב. מספר מערכות עוקבות אחר נסיונות כושלים נישנים ואז מזהות את הקו. הן אינן מסתירות יכולת זו ומאפשרות לפורצים להשתמש במסכי עשן לטלפונים. אחת הדרכים היא לתכנת טלפון מקרי במטה החברה בה עובד הפורץ, כך שהשיחה תועבר למספר הרשת, ואז הפורץ מחייג בצורה עקיפה מביתו. שיטה אחרת היא להשאיר קוד ניסוי ותעיה במחשב אישי במשרד וזמן מה מאוחר יותר לעלעל בקובץ ולאסוף את היבול מהכונן הקשיח.

המשתמשים במחשב אישי רגילים למצוא קבצים בלתי־מזוהים בכונניהם. יש להם חבילות המזוהמות באורח שגרתי את כונניהם בקבצים מוזרים. וככל שעלות הזכרון יורדת וזמינותו עולה, מוטרדים המשתמשים פחות ופחות מגניסה זו ברמות הזכרון. כוננים קשיחים מכל הסוגים מהווים אתר נוח לקבצי הפורצים. שלא בדומה לנייר כתוב, קבצי מחשב אינם מסגירים במהרה את אדונם האמיתי. אין טביעת אצבעות, אין דיו נדיף, רק תכולה.

אחת הדרכים הפשוטות להתחמק ממעקב הרשת, המתחיל עם גילויים של מספר נסיונות התקשרות כושלים, היא להשיג סיסמה חוקית לכניסה לרשת ואז להשתמש בה בפעם האחרונה לפני שהקו מתנתק. אם הרשת מאפשרת חמישה ניסויים, התוכנה מנסה ארבע סיסמאות ומשדרת את הסיסמה הנכונה בפעם החמישית. הקשר מוקם ומתחיל דו־שיח. המתקשר מנתק במהרה ומתחיל באותו תהליך שוב. המערכת מפרשת ניסויים אלו כמשתמש מבולבל שהצליח לבסוף להשיג את מבוקשו, ואז לא נשמעת כל אזעקה ולא מתרחש כל מעקב.

מרבית הרשתות הלאומיות בנויות בצורה כזו שבמקרים רבים



מספיק להשיג סיסמה גנובה אחת ולהשתמש בה כבסיס לחדירה למחשבים אחרים. אם יופעל מעקב פשוט, הוא יצביע על הבעלים האמיתיים של החשבון המקורי שנפרץ.

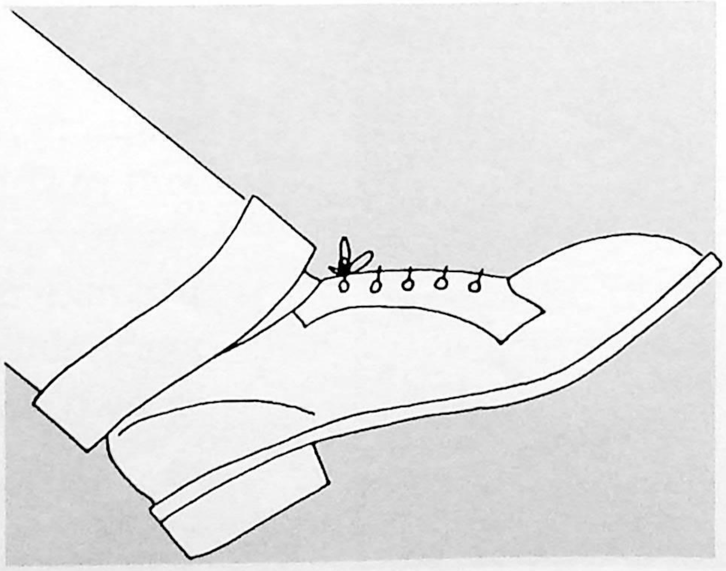
אחת הדרכים היעילות ביותר לחטוף מידע מסווג מבוססת על חיקוי של שיחות מערכת. המשתמש שאינו חושד כלל עובד עם מסופו ולפתע הוא רואה מסר על גבי המסך. הוא מגיב ואז מופיע עוד מסר/שאלה וכך מתחילה שיחה.

קרוב לוודאי שמשתמש המאוים ע"י מחשבים, שאינו מחבבם במיוחד, אלא משתמש בהם רק כשהוא צריך, לא יחשוד שהוא בעצם מתוחקר ע"י פורץ המבקש ממנו בצורה בוטה להקיש שנית את סיסמתו.

מנהלים בכירים ניצבים בפני סיכון אמיתי אך סמוי. עמדתם מקנה להם גישה למידע הרגיש ביותר, אך היות והם מתעבים את נהלי האבטחה המייגעים והארכניים, הם נמנעים מלשמור על קבצים מסווגים במערכת הפרטית שלהם או במדריך האישי. אולם, הם שולפים נתונים רגישים למסך ומשם קל לגנוב אותם.

לעתים, נתוני המסך משתנים במהרה ואם התוכנה למניעת גניבת מסכים שהותקנה מקודם חזקה, נראה למשתמש שהמסך קופא זמנית או שהפעילות מואטת בצורה משמעותית. הפורצים מסתמכים על התכונה האנושית הנפוצה להתעלם מתופעות מוזרות מהירות שאינן משאירות את חותמן. המשתמשים עסוקים ואינם שמים לב לבעיה ארעית שאינה נמשכת זמן רב דיו בכדי להטרידם. אמנם ארועים רבים ומוזרים כאלו אינם קשורים לעבירות חדירה, אך המודעות לאבטחה מצווה עלינו לשים אליהם לב, בדומה מאוד לשכן הזהיר שאינו מתקשר למשטרה כל אימת שהוא רואה זר המסתובב ברחוב, אך מנסה לזכור תווי פנים או את מספר לוחיות הרישוי, לכל מקרה.

גישה נוספת היא זו המקובלת במערכות נשק צבאיות, שברובן כוללות מחשבים, שדוגמאות מהן יכולות ליפול בידיים זרות. כאמצעי הגנה, התוכנה הרגישה מותקנת בזכרונות נדיפים, בדומה ל-RAM שבמחשב האישי, המנדף את תכולתו מיידית. בהתקנים צבאיים, נתונה התוכנה הנדיפה במארזים מאובטחים דחוסים והיא מתנדפת מיד עם זיהוי נסיון פריצה. באורח דומה, ניתן להתקין מנגנונים להשמדה עצמית במערכות החשופות לפריצה מצד הרשת. עותק מאובטח יש לשמור מחוץ לרשת.



עתיד אבטחת המחשבים טמון קרוב לוודאי בתחום זיהוי התבניות. שיטות אלו מיושמות היום באתרים היותר רגישים. הידועים ביותר הם המסננים הביולוגיים. אנשים מסתובבים עם סימנים ייחודיים כמו טביעת אצבעות, חתימת קול, גודל אצבע, תבנית כלי הדם ברשתית וכו'. גלאי חזיתי אמור לוודא את זהות המשתמש. הטכנולוגיה כיום צעירה למדי ויחס הפגיעות לעוצמת ההחטאות די עלוב. כתוצאה מכך, פורצים עלולים לחמוק פנימה ואילו ממשתמשים חוקיים תישלל זכות הגישה. סינונים אלו גם אינם מגינים בפני משתמשים חוקיים אשר החליטו להפוך את עורם ולהימנות על אוכלוסית הפורצים.

עוצמתה של טכניקת זיהוי התבניות אינה טמונה בתהליך קבלת ההחלטות שלה כמו במוקד החשד שהיא מסוגלת לבנות. המערכות החדשניות המאובטחות ברמה גבוהה, עוקבות אחר תבנית השימוש מאחורי הקלעים. קציני הבטחון מתחקים אחר המשתמשים ללא ידיעתם. הקבצים בהם הם מבקרים, תוכניות היישומים בהן הם עושים שימוש, נאגרים ומעובדים סטטיסטית, כדי ליצור תבנית שימוש. מרבית המשתמשים במערכות גדולות מנצלים בעיקר רק חלק מזערי מהמשאבים הזמינים. אם נמצא מישהו המשתמש במערכת בדרך שאינה אופינית לתבנית הרגילה שלו, יניף "קצין הבטחון" דגל אדום המצביע על חשד לבעיה. לעתים קרובות, השימוש המוזר עצמו אינו בלתי-חוקי, אך פורצים בכה לומדים את השטח לפני שהם מתכננים פריצה.

השיטה שנויה במחלוקת משום שהיא מזכירה את "האח הגדול" ועלולה ליצור תדמיות שליליות למשתמשים חוקיים שהם או סקרנים מטבעם או שאופי עבודתם דורש שימוש נרחב במחשבים. שוב, זו שאלה של עלות מול תועלת במובן הרחב.

בראיה כוללת, מערכות מחשבים מעכבות בני-אדם ואלו מהווים את נקודת הכניסה העיקרית לפורצים. מטרות החדירה העסיסיות ביותר הן הרשתות הגדולות והנייחות בדרך כלל: לעמוד מהצד ולהמתין לפורצים הזוממים והמתחבלים תקיפה מתוחכמת. אלמנט ההפתעה ותסמונת דויד נגד גולית פועלים כולם לטובת התוקף.

כח המיחשוב כיום זול ביותר ועורקי התקשורת מאפשרים פריצה בקנה מידה עולמי מתוך מכונת מטרה אחת. הרבה אנשים פקחים מסתובבים בחוץ. לא היה מבצר במהלך ההיסטוריה האנושית שניצב בעמדה כה חסרת מגן: בטווח יריה בכל רחבי העולם.

בטחונה של ישראל בנוי על זנק מִיָּדִי מרגיעה למלחמה. בשנים האחרונות פלש המחשב והשתלט על מערכת הגיוס והחרום. יחד עם היעילות שהושגה, הוגבה פנימה הפגיעה לחדירה הרסנית ושקטה שתבוא לידי ביטוי ברגע הקריטי. שבוש שמקורו במחשב שחובל עשוי להיות קטסטרופלי. הצעד הראשון, שהוא גם החשוב ביותר וגם הקשה ביותר, הוע לזעזע את הבטחון העצמי המופרז של המופקדים על מערכות המחשב וזאת מבלי לגרום לפניקה משתקת. הסימפטום המובהק של חולשות אלו הוא סרוב עקשני של האחראים לבצע סימולציה בה צוות חיצוני בעל כישורים מתאימים מנסה לחדור דרך ההגנה הקיימת.

זה ישמע מוזר, אבל, נהיה בני מזל אם נהיה עדים להתמוטטותה של חברה גדולה, לבנק המפסיד מיליונים, לחברת ביטוח שפושטת רגל. הזעזוע יתכן שיעורר חברות אחרות ובנקים אחרים להתגוננות אקטיבית ובכך יימנע אסון גדול בהרבה. עלינו להגן על אוצרנו הלאומי בעידן חדש זה בו המטבע הוא – המידע.

עמירם שור - מנכ"ל מ.ל.ל. תעשיות תוכנה ומחשבים בע"מ



תקופת חרום היא שעת מבחן למערכות המידע

רצונך בהישרדות היכון למבחן שעת החרום

במהלך שנת 1990 פרסמתי מאמר ב"מעשה חושב" על הנושא "אחריותו של מנהל ענ"א מול השינויים הטכנולוגיים", מאמר בו הבעתי בין היתר את הדעה המעריכה שעידן שנות ה־90 וה־2000, יהיה עידן של מלחמת עולם כלכלית וטכנולוגית ולא עוד מלחמות של אבק שרפה ותותחים. והנה טרם יבשה הדיו על הנייר, פרצה לה מלחמת המפרץ וטפחה על פני, לפתע נקלענו למלחמה לא לנו, ההיסטוריה חוזרת על עצמה עם כל נוראותיה: סבל אנושי והרס כלכלי.

התמונות ממלחמת המפרץ באדיבות ארכיון "מעריב"

אנו בישראל, החיים באיזור הבלתי יציב של המזרח התיכון, שבמהלך המאה העשרים התחוללו בו יותר מלחמות מאשר בכל מקום אחר בעולם, מחוייבים בערנות והערכות תמידית לקראת אפשרויות של שעת חרום ומלחמה. אסור לחיות באשליות, תמיד זה יכול לקרות. תלות המשק והכלכלה בעולם בכלל ובישראל בפרט, הולכת וגדלה בטכנולוגית המידע. מערכות מידע ממוחשבות הפכו ללב ליבו של כל ארגון כלכלי או ציבורי ולא ניתן לתאר כיום את חיי המשק, הכלכלה והחברה בישראל בלעדיהם. לפיכך מחוייבים אנו העוסקים במלאכת המחשוב למשנה תשומת לב ואחריות, ליכולתם של הארגונים לתפקד בתקופת חרום ומלחמה. הערכות זו עתידה להבטיח שגם בתקופות בהן עשויים להתרחש "אסונות" מחשוביים, גם ללא כל קשר לחרום ומלחמה; תתאפשר החזרת המערכות לכשירות מלאה, במהירות האפשרית. את נזקי המלחמה במערכות ישראל כבר למדנו בעבר, מי יותר ומי פחות. ההבדל הוא שככל שאנו צועדים אל תחכום הניהול והמחשוב, אל שנת ה־2000, הולכת וגוברת תלותנו במחשוב, תלות חיונית שאין לה תחליף מחד והיא קריטית מאידך.

תקופת חרום היא שעת מבחן למערכות המידע. דווקא בשעה שכזו, המחשוב ושירותיו חיוניים וקריטיים יותר לתפקוד המשק והחברה בעורף ובחזית. לכן אם רצוננו להבטיח כשירות ניהולית במהלך שעת החרום ולהישרד גם לאחר המלחמה, אנו מחוייבים לעשות את כל שנדרש ונחוץ לקראת מבחני תקופות החרום.

להערכות נכונה פנים רבות, ואמנה את העיקריים שבהם:

כח אדם

למרות האוטומציה הניהולית המוקנית לארגון באמצעות המחשוב, קיימת עדיין תלות בגורם האנושי. מערכות מידע ממוחשבות לא תפעלנה ותתפקדנה בלי האדם שמאחורי המכונה.

ענף המחשוב הוא ענף צעיר ומאליו מרבית המועסקים בו חייבים שירות מילואים בצ.ה.ל. אי לכך, כדי להבטיח את הניהול וההפעלה באופן ובצורה שיתאפשרו ויפעלו גם כאשר ייעדרו מרבית אנשי המפתח והתפעול של מערכות המידע הממוחשבות



בארגון, יש להבטיח מערך מקצועי הכולל "תמהיל" אנשי מקצועי של נשים (הפטורות משירות מילואים) וגברים הפטורים מחובת השירות במילואים מסיבות שונות (נכות, בריאות, מעבר לגיל הגיוס). מהלך נבון יהיה להכשיר גם עובדים פטורי גיוס בעת חרום, שאינם קשורים ביום-יום בהפעלת מערך המחשוב, לעבודות סיוע בהפעלת מערכות המידע בארגון. אחד הגורמים הממלכתיים שיש להסתייע בו באופן שוטף בהערכות לשעת חרום בנשאי כח אדם, הוא אגף כח אדם לשעת חרום במשרד העבודה, העוסק בריתוק משקי במפעלים חיוניים.

קביעת מפעל חיוני כ"חיוני" בשעת חרום, מוגדרת בתקנות החרום והיא כוללת אל כל אותם מפעלים שהמשך פעילותם השוטפת חיונית למאמץ המלחמתי בחזית ובעורף. כמפעלים חיוניים מוגדרים מפעלי מזון, רשתות השיווק למזון, בנקים, מפעלי תעשיה המייצרים למערך הבטחוני, מפעלים שמוצריהם מיועדים ליצוא וכו'. בהגדרת מפעל חיוני ייכללו גם כל אותם גורמים המשרתים את המפעלים החיוניים, כגון מרכזי חישוב עסקיים (לשכות שירות) המספקים את שירותיהם למפעלים חיוניים.

את ההתארגנות מבחינת כח אדם יש לבצע בימי רגיעה ושלום, שהרי לשעת חרום אנו נקלעים בדרך כלל ללא התרעה מוקדמת. ההתארגנות בנשא כח אדם דורשת זמן ארוך יחסית, לא כל שכן כאשר ההערכות קשורה באגף כח האדם לשעת חרום במשרד העבודה, תהליך המחייב בחינה, מיון וריתוק משקי הקשור בהחלטת שלטונות הצבא וגורמים נוספים.

כאמור, בהיות תעשית המידע ענף צעיר יחסית, מרבית העוסקים בה הם עובדים צעירים שניידותם ממקום עבודה אחד למשנהו גבוהה, במיוחד בשנות העבודה הראשונות, דבר המחייב רמת מעקב ועדכון של מצבת העובדים המרותקים בתדירות גבוהה, תוך תאום עם האגף לכח אדם לשעת חרום במשרד העבודה.

גיבוי

ככל שהתלות במערכות המידע גבוהה יותר, כך גדולה יותר החשיבות שיש ליחס לגיבוי. האמור מתיחס לגיבוי החומרה (המחשבים), בלעדיה לא ניתן לבצע את עיבודי מערכות המידע הממוחשבות. כך למשל פגיעה במחשב הבנק תשתק לחלוטין את פעילות הבנק, או את המערך הלוגיסטי ברשת סופרמרקטים, או את נמלי הים והאויר של ישראל וכו'. לפיכך חובה על כל מתקן מחשב בכל ארגון, לקיים שיתוף פעולה בין מתקנים הזהים במערכות ההפעלה והחומרה שלהם, לצרכי גיבוי, או להערך לקבלת שירותי גיבוי על בסיס מסחרי, עם אחד ממרכזי החישוב המתאימים הקיימים בישראל והערוכים לספק שירותים מסוג זה. נוסף להערכות הגיבוי לחומרה, לא פחות חשובה וקריטית היא ההערכות לגיבוי קבצי המידע, התוכנות והתעוד הנלווה להם. גיבוי זה האחרון, חשוב לא רק בשעת חרום אלא נחוץ וחיוני במשך כל ימות השנה, על מנת למנוע נזקים בכל מקרה של פגיעה מכל סיבה שהיא בנשאים הנ"ל. את הגיבוי לקבצי המידע יש לבצע על ידי שמירת עותקים באתרים שונים ובכספות, כולל כספות בנקים, כך שבעת פגיעה בקבצים הפעילים, ניתן יהיה לשחזר ובמהירות את הקבצים על נתוניהם. רמת הגיבוי לקבצים חייבת להיקבע ולהתבצע באופן שוטף על פי תדירות עדכון הקבצים וחיוניותם: גיבוי יומי, שבועי, חודשי וכו'.

נושא לא פחות חשוב הוא הגיבוי לאנרגיה החשמלית. יש לצפות שבעת חרום ומלחמה יחולו שיבושים גם באספקת החשמל, לכן חשוב להבטיח מקור אנרגיה חילופי על ידי גנרטור מתאים שיכנס לפעולה אוטומטית, כל אימת שמקור האנרגיה הרגיל, הפסיק את פעולתו. חשוב להקפיד גם על מלאי חרום של דלק הדרוש להפעלת הגנרטור ולסידורי הבטחון של מתקן הגנרטור עצמו. בנשא זה רצוי להיוועץ ביועצים מומחים לפני החלטה על רכישת הגנרטור ודרך הצבתו במתקן המחשב, או באתר סמוך אליו.

תעוד

בעולם המערבי תוכנה ללא תעוד לא תחשב כמוצר, היא אינה סחורה העוברת לסוחר. לתעוד התוכנה נקבעו כבר בעולם המערבי תקנים מחמירים ואיכותם קובעת את הצלחתם המסחרית. אנו בישראל לוקים בחסר ברמת התעוד והקפדה על קיומם, עובדה המכה בנו מדי פעם, כל אימת שיש תחלופת עובדים, או העדרות עובדים מקצועיים מסיבות מלחמה, מילואים, חופשות וכו'. עובדה זו עלולה להכות בנו קשות דוקא בתקופת החרום, תקופה בה ללא התרעה מוקדמת יישלפו מקצועני המחשב בעלי הידע במערכות ספציפיות, אל המאמץ המלחמתי. אנו עדים לתופעה מפתיעה, שככל שהתוכנה המיועדת לטכנלוגית מחשב בסיסית יותר, כך רמת התעוד טובה יותר וככל שאנו עוסקים בתוכנה המיועדת למחשבים גדולים יותר, רמת התעוד טובה פחות ולעתים אף אינה קיימת. האמור הוא מצב פרדוכסלי בלתי הגיוני ובלתי נסבל, ומהווה סכנה מוחשית לארגון, שהרי ככל שהמערכת גדולה יותר, היא מופעלת בארגון גדול יותר, שתלותו במערכות המידע הממוחשבות קריטי יותר. אין ספק שלאור האמור לעיל, יש להקפיד על קיום התעוד, יש להשלימו לאלתר ולהעמידו במבחן האיכות של המקצוען הסביר, כל דחיה בנשא זה עשויה להביא נזקים לא ישוערו בעת מבחן. התעוד חייב לכלול את תעוד המערכת, הוראות למפעיל, פרוצדורות, הדפסי מקורות התוכנה, נהלים והערות וכל חומר רקע והארות אפשריים.

גם לתעוד יש להכין גיבוי על ידי הכנת עותקים נוספים למסמכי התעוד המקוריים ושמירתם באתרים שונים, בכספות, לרבות כספות בבנקים.

את התעוד עצמו יש לעדכן באופן שוטף ובמקביל לעדכון התוכנה ומהלכי העיבוד, אחרת תוך זמן קצר יאבד הקשר בין התוכנה ומהלכי העיבוד לתעוד ובעת הצורך יעמדו הכל בפני שוקת שבורה.

אבטחת המתקנים

מתקני מחשב חייבים להיות מאובטחים בכל ימות השנה, קל וחומר בתקופת חרום. אבטחת המתקנים חייבת לכלול בקרה על כניסות ויציאות למתקן המחשב, מערכת לגילוי שרפות ועשן, ציוד ואביזרים הדרושים לכיבוי יעיל ומהיר של שרפות (רצוי מערכות התרעה וכיבוי אוטומטיים), סימון ברור ובהיר של לוחות הבקרה על חשמל וגנרטור לאספקת חשמל, כל אימת שתתרחש הפסקת חשמל ממקור הזרם הקבוע של המתקן. רשימת טלפונים של אנשי מפתח בארגון ושלטונות הבטחון (הג"א, משטרה, משמר אזרחי ומד"א) חייבת להימצא בכל אתר בו מצויים עובדים בשעת החרום, כך שבעת הצורך ניתן יהיה במהירות להתקשר אל הגורמים המתאימים. חשוב לציין כאן שישנן היום חברות המתמחות בתחום זה של אבטחת מתקנים ורצוי להיוועץ בהן בעת קביעת שיטות האבטחה למתקן המחשב בתחומים השונים הנזכרים כאן.

אבטחת מידע

לאור מרכזיות מערכות המידע הממוחשבות בארגון ולאור העובדה שמאגרי המידע הממוחשבים חובקים כיום את מירב הפעילויות העסקיות שמרביתן חסויות (על מנת להבטיח את כושרן התחרותי והעסקי של הארגונים), נושא אבטחת המידע קיבל מימד קריטי וטכניקות שונות ומגוונות מיושמות כיום כדי להגן על המידע.

יישום טכנולוגית התקשורת והתקשוב, עוד הגדיל את חיוניות אבטחת המידע, מאחר וטכנולוגיה זו ללא שיטות הגנה והצפנה, עלולה לחשוף ביתר קלות את הגישה למאגרי המידע ונתוניהם מרחוק, היינו: מבלי הצורך בגישה פיזית אל מאגרי המידע ומתקני המחשב. שיטות אבטחת המידע עליה וקוץ בהן. אבטחת מידע מחייבת טכניקות להצפנה והגנה מפני חדירת גורמים שאינם בעלי הרשאה לגישה לקבצי המידע, שיטות הדרושות מיומנות מקצועית ושהידע עליהן מוגן בעצם העובדה שרק פונקציה יעודית בארגון, הכוללת צוות מצומצם, מודעת לשיטותיה ולדרך ההתגברות על תקלות, כל אימת שהן מתרחשות. מורכבות זו מחייבת שבעת חרום תימצא פונקצית הידע בידי איש מקצוע פטור משירות למאמץ המלחמתי, שידע לתמוך בנושא על היבטיו השונים, אחרת עשויה תקלה כלשהי, לשתק לחלוטין את מרכז החישובים ושיטות אבטחת המידע תהפכנה ל"אסון" מחשובי בארגון. האמור מתיחס לגיבוי אנשי מקצועי שיהיה מעודכן דרך קבע בשיטות אבטחת המידע ונהליו וידע לבצע את הדרוש כל אימת שיהיה צורך בכך, גם ללא נוכחות הצוות הקבוע העוסק באבטחת המידע בארגון. אחד הכלים המסייעים למהלך תקין ושוטף בנושא זה, הם נהלים כתובים וברורים (שיהיו חסויים) שיכללו פירוט מלא של השיטות ומפרטיהם הטכניים.

תקשורת

התקשורת והתקשוב הם מסממני הטכנולוגיה של ההווה והעתיד. מערכות המידע מבוזרות ומתוקשרות היום יותר מאשר אי פעם והתלות בתקשורת אף היא הפכה להיות קריטית. לפיכך חייבים לתת תשומת לב גם לנושאי הגיבוי של התקשורת ובמיוחד להבטיח ששירותי התחזוקה של חברת בזק יהיו מודעים לקווים הקריטיים במערכות התקשורת והתקשוב, דבר זה ניתן להעשות על ידי הגדרה וציון הקווים החיוניים והגשת רשימת הקווים לחברת בזק, כך שבעת חרום ופגיעה אפשרית בקווים מסיבה כלשהי, ידעו הנוגעים בדבר בחברת בזק לתת קדימות בטיפול בקווים החיוניים. האמור מתייחס לקווי הטלפון, קווי הפקס והקווים להעברת נתונים. גם לנושא זה חייב להיות נוהל קבוע ותיק נהלים עדכני.

ביטוח

בשנים האחרונות חלה התפתחות חשובה ביכולת חברות הביטוח לכסות סיכונים של מתקני מחשבים ומערכות מידע ממוחשבות. גם אחר שננקוט בכל האמצעים הדרושים, עדיין קיימת סכנה של חשיפה לסיכונים שלא ניתן למנוע אותם או סיכונים בלתי מחושבים.

חובה על כל ארגון להיוועץ ביועצי ביטוח ולנסות להעריך את הסיכונים מחד והנזקים האפשריים מאידך ולכסות אותם בפוליסת ביטוח.

רמת הסיכון וחיוניות מרכז החישובים ומערכות המידע לארגון, הם הבסיס לתכנית הביטוח, היינו: הכנת תכנית הביטוח מחייבת טיפול אינדיבידואלי בכל מתקן, אין דומה מתקן מחשבים המטפל במערך המבצעי והאופרטיבי של בנק לזה של חברת ביטוח, או חברת שיווק ולהיפך.

הכנת תכנית ביטוח וכיסוי נאות מפני סיכונים, יפה לא רק בתקופת חרום, אלא יש להנהיגה כחלק מההוצאה השוטפת החיונית לתקציב המחשוב, דבר שיגן עלינו גם במקרה של "אסונות" בימי חרום ומלחמה.

נהלים ופקודות שיגרה

על מנת להבטיח שמכלול הנושאים הקשורים בהפעלת מערכות המידע הממוחשבות יתפקדו כהלכה, יש צורך בהכנת נהלים ופקודות שיגרה לארגון, לתקופת חרום ומלחמה. נהלים אלה חייבים לכסות את כל הנושאים שפורטו לעיל, לרבות נושאים אחרים שרגישותם גבוהה ולא הוזכרו כאן (על פי שיקוליו של כל ארגון). נהלים אלה חייבים להתעדכן דרך קבע על פי השינויים שחלים בארגון ויש להם נגיעה ישירה, או עקיפה, לנהלי החרום. הארגון חייב גם להפקיד את נושא שעת החרום וההערכות לקראתו בידי אחד מעובדיו הבכירים (הפטור משירות מילואים) שיחד עם צוות עוזרים בעלי תפקידים מוגדרים בשעת חרום, יהיה אחראי למיצוי אופטימלי של כל הנושאים הקשורים בהערכות השוטפת לשעת חרום ובשעת החרום עצמה. כמובן שיש לוודא שבעלי התפקידים מודעים לפעילויות הדרושות בשעת חרום והם מעודכנים ומרעננים עצמם בכל הקשור בשעת החרום לפחות פעמיים בשנה.

תובלה

בעתות מלחמה וחרום, גם רכב הארגון יגויס למאמץ המלחמתי, אי לכך על הארגון לדאוג שייוותר בידיו רכב בכמות מספיקה שתאפשר ניידות לצורך הובלת נתונים ומסמכים (כאמצעי גיבוי) ולצורך הולכת טכנאים ואנשי מקצוע אחרים, שניידותם חיונית להפעלת מערכות המידע הממוחשבות. יש להבטיח שלרכב המצוי והמרותק יהיו גם אישורי תנועה ומעבר חופשי בדרכים. אישורים כאלה ניתן להשיג במשרד התעשיה והמסחר.

תרגול

הערכות לשעת חרום ללא תרגול וניסוי סימולטיבי של שעת חרום, משול לגייסות הנשלחים למלחמה ללא הכנתם לקרב בימי רגיעה, באמצעות תמרונים ותרגילי קרב. אי לכך יש לקבוע נוהל של תרגול המערכת לשעת חרום ולתרגלה לפחות פעם אחת בשנה, דבר שיבטיח שהמערכת יודעת לתפקד ולקיים את נהלי החרום. תרגול כזה, יאתר את נקודות התורפה ויאפשר התגברות עליהם במועד, מבלי שנצטרך ללמוד אותם על בשרנו בתקופת החרום עצמה, דבר שימנע נזקים ויאפשר התמודדות טובה יותר של הארגון מול משימותיו ואתגריו בעת חרום.

סיכום

שעת חרום, היא שעת מבחן. במשק מודרני ומתחוכם קיימת תלות קריטית במערכות המידע הממוחשבות. התארגנות נכונה לשעת מבחן עשויה להבטיח שהארגון לא יהיה חשוף לסיכונים ולא יצא מכלל פעולה ושליטה. תכניות חרום מתאימות הכוללות פעולות ואמצעים המיועדים להפעלה במקרה של פגיעה במתקן המחשב ומערכותיו, הם תנאי להישרדות.

על מנהלי מערכות המידע, מנהלי יחידות המחשב, מוטלת האחריות והחובה להערך בעוד מועד בתחום חיוני זה. כל מי שרצונו בשלום עליו להתכונן למלחמה.

רונית אדלר

מערך חלוקת מסכות אב"כ – מבצע המיחשוב מאחוריו



המלחמה האחרונה יצרה ללא ספק מושגים חדשים בכל הקשור להגנה אזרחית במדינת ישראל. הצורך לצייד את כלל האוכלוסיה באמצעי הגנה נגד האפשרות למתקפה כימית, ומאוחר יותר הצורך להתמודד עם התקפה שלא היתה עוד כמותה נגד לב האוכלוסיה האזרחית בישראל, היפנו את הזרקורים לעבר הג"א וליכולתו להתמודד עם מצב חדש זה.

"מעשה חושב", העוסק בעניני מיחשוב, ניסה לברר מהו מערך המיחשוב עליו מתבסס הג"א, וכיצד איפשר מערך זה התמודדות בסיטואציות החדשות שיצרה המלחמה.

ממניעי בטחון שדה לא ניתן היה לברר מהו בדיוק מערך המיחשוב הקיים היום, והאם קיימת, נוסף לתוכנה הפועלת בזמן שלום, גם תוכנה מיוחדת לזמן מלחמה. השערה בלבד היא כי מערך הג"א היה מבוסס עד כה בעיקר על תוכנת משרד ממוחשב ומערך קישור של דואר אלקטרוני. ללא כל תוכנות מורכבות יותר, ואולי עד כה זה היה מוצדק.

לשאלה נוספת, האם בעקבות מלחמה זו קיימת כוונה להתחיל להשקיע משאבים גדולים יותר בפיתוח מערך המיחשוב של הג"א, התקבלה מלשכת דובר צה"ל התגובה הבאה:

"גם בעבר וגם בעקבות המלחמה מבצעת מקחל"ר מספר פרוייקטים ממוחשבים. דוגמאות לפרויקטים אלה:

א. תוכנה המטפלת בחומרים מסוכנים, מהירות וכיוון ההתפשטות של חומר מסוכן עפ"י נתונים מטאורולוגיים וסביבתיים ועפ"י נתונים אחרים הקשורים לחומר.
ב. מערכת בקרה לצופרים.
ג. מערכת תמיכה לחלוקת מסכות אב"כ.
ד. פריסת מיקלוט ממוחשב.
ה. תכנית־אב עדכנית למיחשוב בשנות ה־90.

עפ"י תגובה זו ניתן לראות כי חלק מלקחי המלחמה כבר הופקו. **התוכנה הראשונה בה מדובר היא ככל הנראה מערכת מידע גאוגרפית הידועה גם בשם ממ"ג או GIS,** המיועדת לעזור באיתור מקום הפגיעה וקביעת התפשטות החומר הכימי. מטאורולוגיה עירונית שונה ממטאורולוגיה כללית, ולעתים צורת הבניה ברחוב מסוים יכולה לגרום לשינוי בכיוון הרוחות באותו איזור, לכן יש צורך במיפוי מדויק של העיר על מנת שיהיה אפשר לטפל ביעילות בבעיות הנוצרות במקרה של פגיעה כימית.

המערכת השניה, **מערכת בקרה לצופרים** – נחיצותה ברורה. לא מעט טעויות היו במלחמה זו, מה עוד שסביר להניח כי יתכן ומעוניינים לפתח מערכות התראה איזוריות, ואז גם אם זמן ההתראה יהיה קצר יותר, ימנע הדבר אזעקה כלל-ארצית בכל פעם שישוגרו טילים לכיוון ישראל.

הצורך בתוכנה אחרת, זו **לפריסת מיקלוט ממוחשב**, הובהר מעל לכל ספק במלחמה האחרונה. ואילו המערכת האחרונה, **תכנית-אב עדכנית למיחשוב בשנות ה־90** נשמע מעט כללי ומעורפל, ויכול לכלול תחת כנפיו תחומים רבים.

התוכנה השלישית שהוזכרה, **מערכת תמיכה לחלוקת מסכות אב"כ**, היא המערכת היחידה הקשורה במלחמה זו, אשר היה בה הכרח עוד בטרם פרצה המלחמה והיא פותחה במהירות בחודשי ההתארגנות שקדמו ל־15 בינואר 1991.
בגלל ההיקף העצום של מערכת זו והמשאבים שנדרשו, פיתח ממר"מ תוכנה זו עבור הג"א. בראיון שנערך בלשכת מפקד ממר"מ וסג"א א., ראש פרויקט חלוקת ערכות אב"כ לאוכלוסיה האזרחית, נסקרו השלבים השונים בפרויקט זה, הקשיים שהתגלו, והצורך במערך המשך לצורך תחזוקת הערכות.
תחילת הטיפול במערך חלוקת ערכות אב"כ היה עם פלישת עירק לכווית סמוך ל־2 באוגוסט. ממר"מ התבקש לסייע למקחל"ר בפיתוח המערכת הנדרשת.

לצורך השגת המטרה היה צורך לבצע שני שלבים. ראשית, לגזור מקבצי מגזר האוכלוסין של מדינת ישראל את הנתונים הנדרשים לביצוע החלוקה על פי הקריטריונים שנקבעו. תכנון החלוקה נעשה לפי בתי אב, ולכל בית אב נשלחה הודעה בה פורטו כל בני המשפחה הזכאים על פי שמותיהם, תעודות הזהות ותאריך לידה.
השלב השני היה הצורך להגדיר לכל משפחה, באופן ממוכן, היכן נקודת החלוקה בה תקבל המשפחה את המסכות. דרישה זו היתה כרוכה בכניסה למערכת סטטיסטית של חלוקת איזורים גאוגרפית של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.
הרעיון להשתמש בנקודת ההצבעה של הקלפיות נפסל עקב הפער בין מספר בעלי זכות בחירה לכלל זכאי המסכות (2000 נקודות בבחירות לעומת 5000 נקודות חלוקת מסכות).

הקשר הקיים של ממר"מ עם קבצי המל"מ (עקב פרויקט אחר – מיחשוב המינהל האזרחי ביהודה ושומרון) עזר רבות לעבודה מהירה בפרויקט זה; הדבר הקל על גזירת נתוני האוכלוסיה. עם זאת, קביעת נקודות החלוקה התבררה כבעיה מורכבת יותר. בנקודת החלוקה היה צורך במספר חדרים: חדר אחסון, חדר קבלה, חדר תצוגה וכו'.
מפקדי הג"א החליטו על נקודות חלוקה והוקם קובץ עם נקודות אלה. מולו הושווה קובץ חלוקה גאוגרפי המתבסס על קובץ מרשם האוכלוסין של מל"מ.
הדוחות שהופקו עזרו לקבל החלטה באיזה



מן המקומות כמות האוכלוסיה גדולה יותר וכדאי להאריך בהם את זמן החלוקה.
אחד מתוצרי הלוואי של מבצע זה היה התעוררות האוכלוסיה לעדכון הכתובות במשרד הפנים. הסתבר כי אנשים רבים עדיין רשומים כתושבי תל־אביב למרות שעברו לגור במקומות אחרים, מטעמי נחות שונים.



בדוח ההתפלגות לפי שמות המשפחה יצרו חלוקה נוספת, על פי העומס. לעתים התברר כי באופן מפתיע במקומות מסוימים יש צפיפות בולטת באותיות מסוימות. בעיקר בישובים ערבים, המורכבים לעתים מחמולה אחת, ובהם לכ־70% מהאוכלוסיה אותו שם משפחה.

מפקדות הג"א בכל הרמות קיבלו דוחות המראים תמונת מצב בנקודת חלוקה, על פי התפלגות האוכלוסיה וכמות הערכות.
לכל נקודת חלוקה הופקו שני דוחות: דוח מצומצם על פי בתי אב, ודוח מפורט שמי של מקבלי הערכות וסוג הערכה.

השלב הבא בפרויקט זה היה בניית מערכת להפקת תעודות הזכאות. מאחר ותעודות הזכאות נשלחו במעטפות מיוחדות היה צורך בבתי־דפוס שבהם קיים מיכשור מיוחד להדפסת מעטפות. בתי הדפוס של בארי ואוניה הרוויחו מן הענין, וכן משרד הדואר. למעלה מ־1½ מיליון ש"ח עלה שלב זה. מבצע הפקת התעודות התנהל כמבצע צבאי לכל דבר, אנשי ממר"מ נכחו במקום ובדקו את האיכות של כל מעטפה כדי שלא תישלח אף מעטפה שגויה ושהפרויקט כולו יסתיים במועד. מאחר והדוח התבסס על עדכניות קובץ מל"מ, היה חשש כי נתונים רבים אינם מעודכנים, כגון גירושין, תושבים שעזבו את ישראל, מספר ילדים וכדומה.

ההערכה היתה כי יתכן וקובץ מל"מ יהיה מעודכן ב־60% בלבד. היה חשש אם כן, כי כ־40% מן האוכלוסיה ייאלצו לטלפן ולברר את נקודת החלוקה שלהם. כלומר, היה צורך להקים קובץ בו לכל אדם תהיה רשומה נקודת החלוקה שלו. במקרים של רשומות, עם פרטים אבסטרקטיים למדי, כמו: משה כהן, ת"א, מוינו אותם אזרחים לתחנת חלוקה שכונתה "תחנת זבל", אליה היו אמורים כל אותם בעלי כתובת לא ברורה לפנות.
בסופו של דבר, הקובץ היה מעודכן טוב משחששו, כ־70% ממקבלי המסכות קיבלו טפסים מודפסים.
עם זאת, עקב לחץ זמן והפקה מהירה התגלו נתונים שגויים והצמדות משפחה לא צפויות. עם גילויים, הופסקה הדפסת המעטפיות עד לתיקון.

המערכת הבאה בה היה צורך היתה מערכת שליטה ובקרה לחלוקה, תוך כדי החלוקה.

מאחר ובלתי אפשרי היה לעדכן את קבלת הערכה עבור כל אזרח, נשמרו הטפסים החתומים במחסנים, ואילו מפקדות הג"א קיבלו דוחות סיכום יומיים. בדוחות אלו פורטו היקפי החלוקה וסוגי המסכות שחולקו. ניתוח הדוחות גילה כי החלוקה בפועל תאמה את הציפיות מבחינת סוג המסכות. ההערכה היתה כי בפועל, מאחר והמסכות חולקו על פי מדידה ולא על פי גיל, נעשו העדפות שלא בדיוק תאמו את הנהלים. הדוחות היומיים איפשרו לעלות על בעיה זו במהירות ולתקן את החריגות.
מערכת השליטה והבקרה איפשרה למעשה את חלוקת הערכות במועד בצורה מתוכננת, תוך כדי מעקב אחר ההתקדמות.

מערכת נוספת אשר הוקמה, והצורך בה הוזכר כבר קודם לכן, היא **מערכת התמיכה במרכזי מידע** שנועדו לספק אינפורמציה לאזרחים הפונים. הפיתרון שנמצא היה קישור מערכת קדם הבחירות של מל"מ למערך התקשורת הצה"לי. על מנת לצמצם רכישת ציוד, קשורה מערכת מרכזי המידע למערכת הדיווח של מחוזות החלוקה.
באופן זה, במשך היום עבדה מערכת מרכזי המידע על רשת התקשורת, ואילו מחצות עד 8 בבוקר, הוזנו נתוני היום מנקודות החלוקה למרכז העיבוד של ממר"מ. בקרים ישנים של חברת מחי"ש (חברת המחשבים של בנק המזרחי) שנועדו להיזרק שימשו לצורך המיתוג בין התקשורת למחשב מל"מ לבין התקשורת למחשב ממר"מ.

מפקד ממר"מ נשמע גאה למדי כשהוא מסכם את העבודה המאומצת של כ־70 מאנשיו שהיו מעורבים במשך כ־3 חודשים בהקמת פרויקט חלוקת המסכות. "התחושה טובה מאחר והצלחנו במשימה ו־100% של המסכות חולקו". תוצאה זו כוללת את המגזר הערבי בתוך תחומי הקו הירוק, ליושבי יהודה ושומרון וחבל עזה היה אחראי המינהל האזרחי.

השלב הבא בו עומד לטפל ממר"מ עבור מקחל"ר הוא מערכת תמיכה ממוחשבת להמשך התחזוקה והריענון של הערכות. כפי שהדברים נראים כרגע, תושבי ישראל אינם עומדים להיפרד מן המסכות, ובחודשים הקרובים יחלו בפיתוח מערכת שתאפשר למסכות להמשיך וללוות אותנו, ובעיקר להיות מתואמות עם התפתחות הילדים.

ד"ר ירחמיאל צור



"הסקופ על OOPS"

[מעשה חושב י"ח (2),
אפריל 1991, ע' 19]

המאמר "הסקופ על OOPS", שהבטיח בהקדמתו להאיר "את האמיתות הבסיסיות" של הפיתוח באובייקטים, שפע טעויות ואי דיוקים. כמי שמכיר את הפיתוח בעצמים (אובייקטים) ומשתמש בגישה זו כבר זמן ניכר, אני רואה זאת כחובה להעמיד מעט מן הדברים על דיוקם. מעט, מפני שהנקודות הטעונות תיקון רבות כל כך עד שהסברת כולן תארך יותר מהמאמר עצמו:

שימוש נבון בעצמים מקל את השימוש החוזר בקוד, ועובדה זו היא אחד המניעים החשובים לאמץ גישה זו, אם כי בשום פנים לא היחיד. היא איננה "הרעיון המרכזי" של התיכנות באובייקטים. עובדה היא ששימוש חוזר אפשרי, ונעשה, גם ללא עצמים. אינני בטוח שטוב להעמיד את גישת העצמים על רעיון יחיד. היא מקפלת בתוכה רעיונות אחדים. אבל אם בכל זאת ננסה למצוא רעיון אחד שהוא הבסיסי והמרכזי מכולם, נגיע לרעיון מופשט למדי: ההשקפה על תוכנת המחשב כעל מודל של העולם, ליתר דיוק – של תחום מסויים מתוך העולם. (המסגרת המצומצמת של מכתב אינה מספיקה לפיתוח מלא של הרעיון).
שורשיו של התיכנות בעצמים בשפת הסימולציה Simula, בשנות ה־60. הוא הבשיל, בשנות ה־70 ובראשית שנות ה־80, בשפה Smalltalk (שפה מעניינת מבחינות רבות, וראויה לתשומת לב רבה משהיא זוכה לה, לפחות כשפת לימוד). C++, עם כל מעלותיה, נוצרה רק בראשית שנות ה־80 (והיא מבוססת, כמובן, על C, לא על Unix). הרעיון שמסדרי־נתונים הם ראשו ורובו של עולם התוכנה עובר כחוט לאורך המאמר, בלי שייאמר במפורש. ברור לכל שתחומי היישום של מחשבים ותוכנה רחבים הרבה יותר, וכך גם תחום היישום של הפיתוח בעצמים. העמדת גישת העצמים כניגוד לטכנולוגיה טבלאית (למימוש מסדרי־נתונים) מצמצמת במופרז את הדיון, ועלולה להטעות כאשר אינה מוצהרת במפורש. כן מטעה הרעיון שהטכנולוגיה צעירה (קרי בלתי בשלה) מפני שלניהול מסדרי־נתונים מכווני־עצמים חסרים כלי־עזר.

רשימת השפות ויצרניהן שבמאמר חלקית מאד. היא אינה מזכירה, למשל, Smalltalk/V, הדיאלקטים של Flavors Lisp ו־CLOS, פסקל עם עצמים, Objective-C, יצרנים חשובים של מערכות C++, והרשימה עוד ארוכה.

גם ארגון שאין בשימושו C ו־Unix (שאינם שייכים כלל לענין), ואפילו לא C++ או Smalltalk, יכול להיכנס לפיתוח בעצמים. המאמר הופך כאן את היוצרות. התנאי לפיתוח בעצמים הוא האנשים – הכרת הגישה והטכנולוגיה. את הכלים לפיתוח אפשר לבחור ולרכוש אחר כך. יתר על כן – את גישת הפיתוח בעצמים אפשר ליישם בכל שפת תיכנות, אפילו בפורטרן! (אם כי לא באופן מלא, בגלל מגבלות השפה). כיום קיימים ל־DOS כלים רבים לפיתוח בעצמים. אני משתמש ב־Smalltalk ו־C++ תחת DOS ב־PC/386 שלי בלי להרגיש בעיכוב כלשהו. אפילו מסדרי־נתונים מכווני עצמים רצים כיום תחת DOS.
ועוד:

נתונים ועצמים לא חד הם. יכולים להיות עצמים מופשטים, חסרי נתונים לחלוטין.

טכנולוגית התיכנות בעצמים יכולה לעזור לפריון עבודת התיכנות, אך ברור שאינה מבטיחה זאת.

והאם "חובה לייצג את זרימת הנתונים... באמצעות תרשימי זרימת נתונים..."?

והאם אין בנמצא ספריות אובייקטים?

וכן הלאה וכן הלאה...

לסיכום – נראה שהערפל הכבד האופף את הפיתוח באובייקטים, לפי כותרת המשנה של המאמר, קיים בעיקר במאמר עצמו. שלא כמשתמע מהמאמר, טכנולוגית העצמים לא זו בלבד שהיא אפשרית לשימוש כיום, אלא שישנם תחומי תוכנה חשובים מאד כיום שהיו בלתי מעשיים בלעדיה. ראויה לציון במיוחד הטכנולוגיה המורכבת של חלונות וממשקי משתמש גרפיים (כדוגמת MS WINDOWS 3). לפיתוח תוכנה בסביבה זו אין ברירה אלא להשתמש בתיכנות בעצמים, מאחר שנבנתה כך. הסיבה לכך קשורה בחשיבות העיקרית של גישת העצמים עבור עולם התוכנה – היא מאפשרת ומעודדת דרגה גבוהה יותר של הפשטה, והפשטה בדרגה גבוהה עוזרת לתפישה מחשבתית של מערכות מורכבות, לתכנונן ולבנייתן.
חבל שהשתרבב לתוך "מעשה חושב" מאמר שאינו הולם את רמתו הרגילה.

בעז רונן, אוניברסיטת תל־אביב, הפקולטה לניהול, בית הספר למוסמכים במנהל עסקים ע"ש ליאון רקנאטי
רוני קרפ, סלרד, תעשיות טלקומוניקציה בע"מ, לוד

השלכות ייצור במנות קטנות על צרכי המידע





מבוא

בשנים האחרונות חודרות לתחום ניהול הייצור מספר תאוריות חדשות אשר יישומן משנה, הלכה למעשה, את שיטות הניהול של קווי הייצור. תרומת התאוריות הללו לתפוקת המפעל משמעותית, ולעתים יישומן הופך מפעל כושל למפעל מרוויח (14).

התאוריות שחוללו את המהפכה הן (5):

א. JIT: Just In Time

ב. OPT: Optimized Production Technology

ג. ניהול איכות כולל – TQM: Total Quality Management

ד. ניהול לפי אילוצים – TOC: Theory Of Constraints

נוסף לכך פותחו מתודולוגיות לניהול תמחיר, בקרה ומדידה בסביבה תעשייתית.

למרות שלכאורה מדובר בשיטות ובתאוריות שונות, ניתן לראותן כמשלימות זו את זו.

שיטות ניהול אלה הביאו, בין היתר, לשינוי גישה לגבי גודל מנת הייצור. בעבר גרסו תאוריות ניהול הייצור, שיש לייצר במנות גדולות בשל עלויות הכיוונון הגבוהות. עתה, ככל שהתורות החדשות לניהול הייצור חודרות לעולם הייצור, יותר ויותר מפעלים עוברים לייצר במנות קטנות מאלה שייצרו בעבר. התאוריות שצוינו לעיל, והטכניקות שהן החדירו לניהול הייצור, לא לוו במתודולוגיה מתאימה לניהול המידע.

בכל מעבר משיטת עבודה אחת לאחרת נשאלת השאלה, איזה שינוי נדרש במערכת המידע על מנת שתתאים לשינוי. במאמר זה ננסה לבדוק מה הן ההשלכות על צרכי המידע עקב מעבר לייצור במנות קטנות.

הנושא מעניין במיוחד, מכיוון שהמחשבה האינטואיטיבית היא שייצור במנות קטנות דורש מערכת מידע חזקה יותר מאשר ייצור במנות גדולות, כי יש לנהל יותר מנות.

מחשבה זו מביאה, לעתים, להתנגדות מצד מנהלי הייצור ומנהלי מערכות המידע לעבור לייצור במנות קטנות, או לחילופין, הם דורשים תיגבור של מערכת המידע הקיימת. בכוונת מאמר זה להראות, **שבניהול נכון, מעבר לייצור במנות קטנות מביא, דווקא, להקטנת הצורך במידע ולא להיפך.**

ניתוח הבעיה נעשה בשתי דרכים:

א. שימוש במדד האנטרופיה לבדיקת כמות המידע.

ב. בניית מודל לבחינת צרכי המידע, וניתוח הדרכים שיש לנקוט על מנת להקטינם.

גישות מתקדמות לניהול הייצור

Just In Time וניהול איכות כולל הן הוותיקות בין התורות הללו, והן מיושמות ביפן, במפעלים בודדים, החל משנות ה-60. העולם המערבי החל ללמוד אותן בסוף שנות השבעים, והחל לאמץ אותן באופן רציני רק בעשור הקודם (13).

מאפיין חשוב מאוד של תאוריות אלה הוא הצמידות הרבה שבין ההלכה למעשה.

אין להבין מכך, שכל עולם הייצור מאמץ את התורות הללו ופועל על פיהן. החדרת כל אחת מהתורות מחייבת מהפכה מחשבתית ("החלפת דיסקט"), וחינוך של כלל העובדים, החל ממנהל המפעל ועד אחרון העובדים, ותהליך זה קשה ומעורר לעתים התנגדות.

במקומות בהן מיושמות התורות החדשות, התוצאות נראות לעין וניתנות למדידה. קפלן (10) ושונברגר (14) מביאים מספר דוגמאות ליתרונות שהושגו ע"י שימוש בגישות אלה במפעלים שיישמו אותן:

א. הגברת כושר הייצור של המפעלים והגדלת המכירות כתוצאה מכך.

ב. שיפור איכות המוצרים.

ג. הקטנת הצורך בפעולות מתקנות במהלך הייצור.

ד. הקטנת כמות המלאי בתהליך.

ה. שחרור המנהלים מהצורך לטפל בבעיות שוטפות, והעברת תשומת הלב שלהם לטיפול בנשאים מהותיים.

ו. הקטנת זמן מחזור הייצור והגברת כושר התגובה של המפעל.

ז. הקטנת השטח בקו הייצור.

כתוצאה מיתרונות אלה, גדל כושר התחרות של המפעלים שיישמו את התאוריות הללו, כי קיצור זמן התגובה, שיפור האיכות והגדלת התפוקה מאפשרים שיפור ניכר ברווחיות, בטווח הקצר והארוך.

תאורית JIT: Just In Time

גישת Just In Time (JIT) לניהול הייצור נולדה ביפן, ויובאה משם לארה"ב ולמערב. יש להבדיל בין Small JIT לבין Big JIT (12). Small JIT כוללת בתוכה אוסף טכניקות לתזמון עבודה וחומר (למשל Kanban, טכניקות לקיצור זמני כיוונון וכו') וניתן לראותה כטקטיקה של JIT. Big JIT לעומת זאת, היא פילוסופיה ניהולית כוללת לניהול הייצור וגישתה אסטרטגית. ניסוח הגישה הוא פשוט (13):

יצר וספק סחורות מוגמרות בדיוק בזמן שהן צריכות להימכר, יצר תת־הרכבות בדיוק בזמן שהן דרושות להרכבה כסחורה מוגמרת, יצר חלקים בדיוק בזמן הדרוש להרכבתם בתת־הרכבות ורכוש חומר בדיוק בזמן הדרוש להפיכתו לחלקים.

מאחורי עקרון זה עומדת פילוסופיה שאומרת, כי לא רק ייצור חסר הוא גרוע, אלא גם עודף ייצור מזיק, מכיוון שהוא גורם להסחת הדעת מהעיקר ולהסתרת בעיות. ייצור עודף גורם ל"גניבת משאבים" הדרושים לייצור סחורות ושירותים הנצרכים כרגע.

מרכיבים נוספים המשלימים את העקרון:

- ייצור במנות קטנות.
- בקרת איכות כולל – TQC: Total Quality Control
- תחזוקה מונעת כוללת – TPM: Total Preventive Maintenance
- חשיפת הבעיות בייצור, ופתרונן כחלק מתהליך העבודה.
- תהליך שיפור בלתי פוסק (Process Of Ongoing Improvement)
- שיתוף העובדים בשיפור התהליכים ובפתרון הבעיות בייצור, והעברת יתר אחריות אליהם.

שונברגר (13) מחדד את ההבדל בין גישת הייצור היפנית לבין גישת הייצור המערבית ואומר, כי היפנים מיצרים *"Just In Time"*, ואילו האמריקאים מיצרים *"Just In Case"*. רבים נוטים לראות את גישת Just In Time בצורה פשטנית כגישה לניהול רכש וטיפול במלאי (Small JIT), וכך היא אף הוצגה בפני העולם המערבי ע"י כותבים אמריקאים שונים. אך יש לראות אותה, כמו שהוזכר קודם, כתורה כוללת לניהול, שעקרונותיה ניתנים ליישום גם בתהליכי פיתוח, עבודת ניירת ואדמיניסטרציה, ארגוני שירותים וכו'. מפעלים שעובדים בגישת JIT מקטינים בדרך כלל את גודל מנות הייצור ומנות ההעברה שלהם במידה ניכרת.

גישת ניהול איכות כולל –
TQM: Total Qauality Management

גישה זו היא צרוף של:

א. גישת TQC: Total Quality Control – שהיא חלק מתאורית Just In Time, הגורסת שאיכות היא עניינו של כל אדם בארגון, וכולם שותפים לתהליך בלתי פוסק של שיפורים (18).

ב. פילוסופית האיכות של ד"ר דמינג (4).

גישות אלה זכו להכרה מאוחרת מצד משרד ההגנה האמריקאי ומקובל להתייחס אליהן בשם TQM: Total Quality Management. על מנת להקטין את כמויות המלאי בתהליך ולשפר ע"י כך את איכות המוצר, ממליצות גישות TQC ו־TQM **לעבור לייצור במנות קטנות.**

תאורית
OPT: Optimized Production Technology

תאורית OPT לניהול הייצור פותחה ע"י ד"ר אליהו גולדרט בסוף שנות ה־70. תאור פופולרי שלה מובא בספרו "The Goal" (8). גם כאן, כמו בתאורית JIT, יש להבדיל בין Small OPT ל־Big OPT (12).

Small OPT הוא אמצעי לתזמון הייצור. חבילת תוכנה שנכתבה ע"י חברת Creative Output Inc. היא חלק מ־Small OPT. לעומת זה, *Big OPT* היא גישה אסטרטגית כוללת לניהול הייצור.

ע"פ OPT **"מטרתו היחידה של הארגון היא לעשות יותר כסף בהווה ובעתיד"** (9). לטענת הגישה, ארגונים רבים לא הגדירו לעצמם מטרה כללית. לכן, אחת הבעיות העיקריות שלהם היא קיום מטרות סותרות לאגפים שונים בתוך אותו ארגון.

כדי להגיע למטרה זו מסתייעת התורה במדדי ביצוע תפעוליים וכספיים השונים מהמדדים החשבונאים המקובלים, וכן באוסף כללים וטכניקות.

המאפיינים של פעולה על פי אסטרטגית OPT הם:

- הקטנת מלאי.
- הקטנת זמן המחזור (lead time) בייצור.
- ייצור במנות קטנות (במקרה שאין צווארי בקבוק בייצור) ומנות העברה קטנות.
- תהליך בלתי פוסק של שיפורים.
- איתור צווארי בקבוק במפעל וטיפול בהם.

כפי שניתן לראות, חלק מהמאפיינים דומים לאלה של גישת JIT, אם כי נקודת המוצא כוללנית יותר.

ניהול לפי אילוצים

ניהול לפי אילוצים – TOC: Theory Of Constraints, פותח ע"י ד"ר גולדרט כהמשך של תורת OPT (6, 7, 16).

ניהול לפי אילוצים כולל מתודולוגיה בת 7 שלבים המהווה ניסוח כולל של תהליך ניהול נורמטיבי:

1. קבע את מטרת הארגון.
2. קבע מדדי ביצוע מתאימים.
3. זהה (אתר) את אילוצי המערכת (constraints).
4. החלט איך לנצל ולתכנן את אילוצי המערכת.
5. הכפף את שאר המערכת להחלטה הקודמת.
6. שפר (הקל, שחרר) את האילוצים.
7. חזור לשלב 3 – היזהר מאינרציה.

ניהול לפי אילוצים כולל טכניקות לאיתור הבעיות העיקריות של הארגון (למשל – effect – cause – effect), ושיטות לפתרונן. הגישה גם מדגישה את תהליך היישום כגורם מכריע בהצלחה.

מנהלים המיישמים את הגישה יעבדו בדרך כלל במנות ייצור קטנות (כשמדובר במשאבים שאינם צווארי בקבוק) ובמנות העברה קטנות.

נוסף לגישות אלה קיימת היום התעוררות בשדה התמחיר, התקציב, הבקרה והמדידה של ארגונים ומחלקות. הפתרונות המוצעים הם פתרונות ad-hoc, וטרם התגבשה כאן תאוריה מושלמת (5).

ייצור במנות קטנות

הקטנת גודל מנת הייצור היא מרכיב חשוב בכל תאוריות הייצור החדשניות, וזאת בניגוד לגישה המערבית הקלסית, הגורסת כי יש לייצר במנות גדולות.

הגישה המערבית הקלסית – ייצור במנות גדולות:

הגישה המקובלת בעולם המערבי גורסת ש"גדול זה טוב" וקיים "יתרון לגודל". יש לכך מספר סיבות:

- ככל שהמנות גדולות יותר מספרן קטן ולכן ניתן לחסוך בעלות כוונון (set up) מכונות הייצור, עלות הרכש, ועלות הטיפול במנות.
- השליטה והבקרה יותר פשוטות ככל שמספר המנות קטן יותר.

יתרונות גישת הייצור במנות קטנות (13):

א. *הקטנת זמן הייצור (Lead Time) של מנה.* ככל שגודל המנות קטן, זמן השהות שלהן בקו הייצור אף הוא קטן.

ב. *היענות מהירה לדרישות השוק* כתוצאה מהקטנת זמן הייצור.

ג. *הקטנת כמות המלאי בתהליך.*

ד. *הקטנת הנפל בייצור.* מלאי שעומד – מתקלקל. הסיבות לכך רבות: קלקול מזון, קורוזיה, אובדן כושר הלחמה של

מעגלים מודפסים, התיישנות רכיבים אלקטרוניים, פגיעות מכניות, ספיחת לחות ועוד. לכן, הקטנת זמן מחזור הייצור מקטינה את כמות הנפל בייצור.

ה. *שיפור איכות התהליך.* קיצור זמן מחזור הייצור והקטנת כמות המלאי בתהליך מאפשרים לאתר במהירות בעיות בתהליך ולתקנן.

סוזקי (19) מתאר בצורה ציורית את המלאי כים שמכסה שרטון. כאשר מורידים את המלאי ומקטינים את גודל המנות, הבעיות נחשפות וניתן לטפל בהן.

ו. *הגברת מעורבות העובדים ושיפור המוטיבציה שלהם.* הגברת מעורבות העובדים בתהליכי העבודה היא חלק מהתפיסה הכוללת של גישת Just In Time. העבודה במנות קטנות מאפשרת להשיג יותר מעורבות מצד העובדים בתהליכי הייצור ובנסיונות לשפרם. עקב שיפור התהליך, העובד לומד במהירות את תוצאות עבודתו, ולכן יש לו מוטיבציה לשפר את איכות העבודה מצד אחד, ויכולת לבדוק את תוצאות עבודתו בזמן אמת, מצד שני. במנות גדולות קשה ליחס סטיה בתהליך לעובד מסוים, וקשה למצוא את הסיבה לסטיה, עקב הזמן הרב שעובר מרגע קרות התקלה עד גילוייה.

שילוב שיטות TQM, JIT ו־TOC יכול להביא לניסוח הכלל הבא לגבי גודל המנות: "עבוד במנות קטנות מתאימות וחכמות".

מנות קטנות – אם תהליך הייצור אינו עובר דרך צוואר בקבוק, יש בכך יתרון, כמפורט לעיל. הביטוי "מנות קטנות" משקף מצב קיים של התעשיה המערבית והישראלית, בו, ברוב המקרים, גודל המנות הוא כזה שללא ספק הקטנתו תשפר את ביצועי הארגון.

במקרה שהמנה עוברת דרך אילוץ ייצור (צוואר בקבוק, משאב בחסר) יש לחשב בזהירות את גודל המנה כתלות באובדן התפוקה. במקרה כזה יש להקים צוות לקיצור זמן הכיוונון (set-up).

מנות מתאימות – מנות המתאימות לדרישות השוק, בפרק הזמן בו עובדים (שבועי, חודשי וכו' – לפי החלטת ההנהלה).

מנות "חכמות" – מנות שיושפעו גם משיקולים נוספים החשובים למפעל ("חכמות" פירושו להימנע מכללי אצבע כמו "מנות של מקסימום 3 מעגלים מודפסים", ומה אם לייצור מערכת דרושים 4 מעגלים מכל סוג?).

אנטרופיה כמדד לכמות מידע

אחד הכלים לחישוב כמות מידע היא פונקצית האנטרופיה שפותחה ע"י C.E. Shannon, אשר שאל אותה מתוך מדע התרמודינמיקה והציע להשתמש במושג זה בתורת התקשורת ובתורת האינפורמציה (information theory) שפיתח. הוא הציע להשתמש באנטרופיה כמדד לכמות נתונים שמועברים ממקלט למשדר, וכמדד לרמת אי הוודאות של תהליך סטוכסטי. שנון הגדיר את הפונקציה והשתמש בה כדי למדוד קיבולת של ערוץ תקשורת, וכדי לפתח קודים יעילים לקידוד מידע (2).

הגדרת פונקצית האנטרופיה (1):

נתונה קבוצת מאורעות E:

$$E=\{e_1,\ldots\ldots,e_n\}$$

ההסתברויות אפריורי למופע של המאורעות:

$$P=(p_1,\ldots\ldots,P_n)$$

כאשר:

$$\sum_{i=1}^{n} p_i = 1 \quad \text{ו} - \quad P_1 \geqslant 0$$

פונקצית האנטרופיה של הקבוצה E מוגדרת כדלקמן:

$$H = -\sum_{i=1}^{n} p_i \star \log(P_i)$$

כאשר: $O \star \log(O) \equiv O$



תכונות פונקצית האנטרופיה (17):

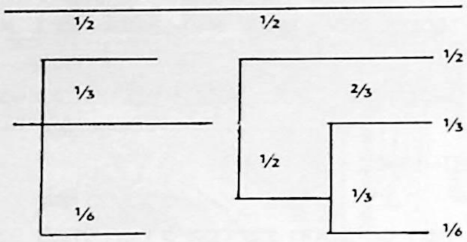
א. הפונקציה H רציפה ב־P_i.

ב. אם לכל i, $p_i = i/n$, אזי H פונקציה מונוטונית עולה של n.

ג. אם מצב מסוים מפורק לשני מצבי משנה, אזי פונקצית H האורגינלית היא סכום משוקלל של ערכי H הפרטיים.

דוגמה: באיור 1 מתוארים שני עצי הסתברויות שהתוצאה הסופית שלהן זהה. התנאי אומר ש:

$$H(1/2, 1/3, 1/6) = H(1/2, 1/2) + 1/2 \star H(2/3, 1/3)$$



איור 1: פירוק הסתברויות (17)

ד. $O \leqslant H \leqslant \log(n)$

ה. $H=O$ במקרה של ודאות.

ו. H מקבלת ערך מקסימלי כאשר אי הוודאות היא מקסימלית כלומר כאשר לכל i: $P_i = 1/n$

ז. ידיעה מוקדמת על מאורע כלשהו, ועל ההסתברויות המותנות של קיום מאורעות בעקבותיו, מקטינה את ערך H, כלומר מקטינה את רמת אי הוודאות.

הערות

1. מקובל להשתמש בלוגריתם לפי בסיס 2 לחישוב האנטרופיה, למרות שאין זה הכרחי. שימוש בבסיס 2 נותן לאנטרופיה מימד של ספרה בינרית (bit).

2. חוקרים רבים שואלים את השאלה "מה בעצם מודדת האנטרופיה?" לפי Arrow (3) האנטרופיה מודדת גם ערך מידע אם, ורק אם, פונקצית התועלת של מקבל ההחלטות היא לוגריתמית.

ייצור במנות קטנות והשפעתו על צרכי המידע

פרדוקס המידע של ייצור במנות קטנות

מנהלי ייצור, אשר שוקלים מעבר לשיטת העבודה של ייצור במנות קטנות, מיוזמתם או שהשינוי נכפה עליהם, מגיבים בדרך כלל

בדרישה לחזק את מערכת המידע שלהם.
דרישה זו כוללת חיזוק מערכת איסוף הנתונים מקו הייצור והתקנת תוכנה מתאימה לעיבוד הנתונים. כפועל יוצא מכך נדרשת גם הגדלת יכולת עיבוד הנתונים של המחשב.

הדרישה מובעת בשני שלבים:

א. כנימוק נגד השינוי בזמן שהנושא נשקל.
ב. כדרישה לחיזוק מערכת המידע לאחר קבלת ההחלטה על ביצוע השינוי.

הרציונל של הטענה הנ"ל הוא:

א. גודל המנה הוא ביחס הפוך למספר המנות.
ב. כמות המידע היא ביחס ישר למספר המנות:

II=C1*NL

מא' וב' נובע:

ג. כמות המידע הנדרשת היא ביחס הפוך לגודל המנה:

II=C2*(1/LS)

כאשר:
II = Information Items = מספר פריטי המידע (מסרים) הנדרשים.
NL = Number of Lots = מספר המנות.
LS = Lot Size = גודל המנה.
C1, C2 קבועים.

מודל האנטרופיה
(The entropy model)

דרישות המידע של קו הייצור נבדקו בעזרת חישוב האנטרופיה שלו, כפונקציה של גודל המנות או מספרן (11).
האנטרופיה במודל זה מודדת את רמת המידע הנדרשת, כדי לקבל מידע על מיקומה של מנה בקו הייצור, כאשר שכיחות הימצאותה בכל תחנה ידועה.
ככל שהאנטרופיה של מערכת גבוהה יותר, רמת אי הוודאות גבוהה יותר, ולכן, דרוש מידע רב יותר על מנת להבין את הקורה בה.
להלן תוצאת החישוב עבור קו ייצור טורי, בן S תחנות, בו זמן העיבוד בכל התחנות שווה.

כאשר:
P = כמות המוצרים
B = מספר המנות
T = זמן הייצור של פריט בתחנה
S = מספר התחנות
N = מספר המוצרים למנה
C = קבוע

חקירת האנטרופיה של המערכת כפונקציה של מספר המנות (11).

משפט 1: עבור B≥2 ו־S≥2 האנטרופיה כפונקציה של מספר המנות היא פונקציה מונוטונית יורדת.

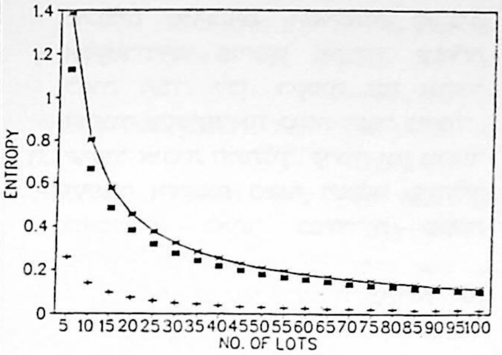
משמעות התוצאה:

א. התנאי S≥2 אינו מגביל את כלליות המשפט, כי קו ייצור הוא לפחות בן שתי תחנות. לפחות מזה לא ניתן לקרוא קו ייצור.
ב. הגדלת כמות המנות (או הקטנת גודל המנה) מקטינה את האנטרופיה.
ג. קיים מצב חריג, שבו האנטרופיה עולה עם הגדלת מספר המנות. מצב זה עשוי להיות רק כאשר המעבר הוא ממנה אחת לשתיים.

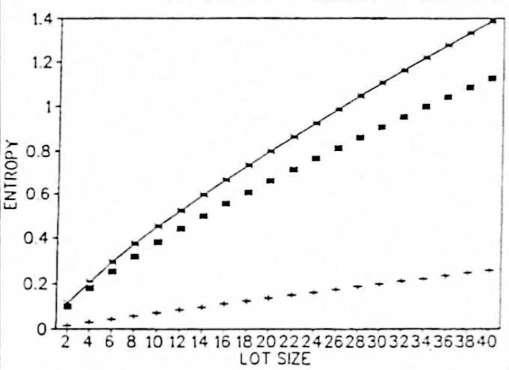
משפט 2: כאשר מספר המנות שואף לאינסוף, האנטרופיה שואפת ל־0.

חישוב הפונקציה עבור קו בן 10 תחנות
כדי להדגים את הרשום מעלה, חושבה האנטרופיה כפונקציה של מספר המנות עבור קו ייצור בן 10 תחנות (C=1).
איורים 2 ו־3 מראים את האנטרופיה כפונקציה של מספר המנות וגודלן. הקו הרציף מתאר את האנטרופיה והנקודות הבודדות את שני האברים המרכיבים את הפונקציה.

ניתוח התוצאות:
ניתן לראות, שככל שגודל המנות קטן, האנטרופיה של המערכת קטנה. משמעותה המעשית של התוצאה היא שהקטנת גודל המנות מקטינה את צרכי המידע של מנהל קו הייצור.



איור 2. האנטרופיה בפונקציה של מספר מנות



איור 3. האנטרופיה בפונקציה של גודל המנות

תוצאה זו מראה שמבחינה תאורטית ניתן להקטין את מערכת המידע עם הקטנת גודל המנות. אם כך, נשאלת השאלה כיצד עושים זאת. נושא זה נדון בסעיף הבא.

מודל לבדיקת צרכי המידע של קו ייצור

הזכרנו את הטענה הרווחת כי הקטנת גודל המנות דורשת הגדלת משאבי המיחשוב, עקב הגדלת צרכי המידע.
להלן מוצג מודל, הבוחן את צרכי המידע הנדרשים לניהול קו הייצור. ניתוח המודל מראה כיצד ניתן לצמצם את צרכי המידע ע"י גישה ניהולית נכונה, המתבססת על התורות והטכניקות שהוצגו בסעיף הקודם. ניתוח זה מחזק את המסקנת שהתקבלו.

המודל

ההנחות בבסיס המודל
נבדוק מהו המידע הדרוש למנהל קו הייצור כדי לשלוט על זרימת המנות בקו. המנהל זקוק למידע לצרכים הבאים:

א. ניהול המהלך התקין של הייצור.
ב. תכנון האספקה ללקוחות ויכולת עמידה בהתחייבויות שיווקיות.

האנטרופיה של המערכת כפונקציה של מספר המנות:

$$H(S) = -\frac{1}{C^2 * B} * LOG\left[\frac{1}{B*S*C}\right] - \frac{B*C-1}{C^2*B} * LOG\left[\frac{B*C-1}{B*C}\right]$$

האנטרופיה של המערכת כפונקציה של גודל המנה:

$$H(S) = -\frac{N}{C^2*P} * LOG\left[\frac{N}{P*S*C}\right] - \left[\frac{1}{C} - \frac{N}{P*C^2}\right] * LOG\left[1 - \frac{N}{P*C}\right]$$

ג. איתור בעיות בקו וייזום פעולות מתקנות.
ד. שמירה על איכות המוצרים.
ה. יכולת להכניס שינויים במוצרים במהלך שהותם בקו הייצור.

כדי לבדוק מהי כמות המסרים שנשלחת מקו הייצור ואליו, נבנה מודל, המכמת את מספר המסרים הנשלחים מקו הייצור ואליו.

הסימון:

א. **נתונים:**

מספר התחנות
NS: (Number of Stations)

סה"כ מספר הפריטים
NP: (Number of Parts)

זמן עיבוד ממוצע לפריט בתחנה
TPP: (Time Per Part)

זמן כוונון ממוצע לתחנה
SUT: (Set Up Time)

ב. **משתנה:**

גודל המנה
LS: (Lot Size)

ג. **תוצאות:**

מספר המנות
NL: (Number of Lots)

זמן הייצור ממוצע של מנה בתחנה
TS: (Time Per Station)

זמן הייצור הכולל של מנה
LT: (Lead Time)

מספר פריטי המידע הנדרשים
II: (Information Items)

ד. **מקדמים:**

a, b1, b, c

חישוב המודל:

הקשרים הבאים מתקבלים באופן מיידי מההגדרות שלמעלה.

מספר המנות:

$NL=NP/LS$

זמן הייצור הממוצע של מנה בתחנה j:

$TS_i=SUT_j+TPP_i*LS$

זמן הייצור הכולל של מנה בקו הייצור (Lead Time):

$$LT=\sum_{j=1}^{NS} TS_i$$

טענות

א. המסרים המועברים מתחנת ייצור ואליה קשורים הן במנה עצמה והן בפריטים המרכיבים אותה, ולכן:

עבור זמן ייצור נתון, מספר המסרים הנשלחים מתחנה j ואליה, והנוגעים למנה i, הוא פונקציה לינארית של גודל המנה.

$$II(i, j) = a+b1*LS$$

ב. ככל שזמן שהותה של המנה בתחנה גדל כן גדלה כמות המסרים על אודותיה, ולכן: מספר המסרים הנוגעים לפריטים במנה הוא פונקציה לינארית של זמן שהיית המנה בתחנה. (המקדם b1 הוא פונקציה לינארית של זמן שהיית המנה בתחנה).

$$b1 = b+c*TS$$

ולכן:

$$II(i, j) = a+b1*LS = a+LS(b+c*TS_j) = a+b*LS+c*TS_j*LS$$

הסבר:

בעת עיבודה של המנה בתחנה יש צורך במסרים:
א. על המנה כמנה.
ב. על הפריטים במנה, כולם או חלקם.

הצורך במידע על הפריטים במנה נובע מהסיבות הבאות:
א. בעיות איכות (פריט שעובר חלק, אין צורך למסור עליו כל אינפורמציה).
ב. חוסר בפריטים.
ג. סיבות הנגרמות עקב שהיית פריט בקו הייצור.

זמן השהייה של מנה בקו הייצור משפיע:
א. על רמת התקלות. ככל שהמוצר נמצא זמן ארוך יותר בקו הייצור, רמת התקלות גדלה.
ב. על כמות השינויים שיש לבצעם במוצרים שנמצאים בקו הייצור. כמות זו גדלה ככל שהמנה נמצאת זמן ארוך יותר בקו הייצור.



חקירת התוצאה

מספר המסרים מתחנה מבוטא ע"י פונקציה בעלת ארבעה אברים. שניים מהם (השני והשלישי) אינם פונקציה של גודל המנה. האבר הראשון הוא ביחס הפוך לגודל המנה, ואילו האבר הרביעי הוא ביחס ישר אליה.

האבר הראשון הוא זה שנוגע למנה כולה, והוא לינארי למספר המנות, ולכן הוא לינארי הפוך לגודל המנה.

האבר האחרון נובע מזמן העיבוד. ככל שזמן זה קצר, המוצרים שוהים זמן קצר יותר בקו הייצור, ולכן דרוש להזרים פחות מידע על אודותיהם.

– מספר המסרים הנשלחים מתחנה j הוא:

$$II(j) = \sum_{i=1}^{NL}(a+b*LS+c*TS_j*LS) = a*NL+b*NP+c*NP*TS_j$$

– זמן הייצור של מנה בתחנה מורכב מזמן עיבוד הפריטים, בתוספת זמן כוונון המכונות בתחנה. זמן העיבוד כולל בתוכו גם את זמני ההמתנה.

$$TS=SUT+TPP*LS$$

– ומכאן מתקבל:

$$II(j) = a*NL+b*NP+c*NP*TS_j = a*NL+b*NP+c*NP*(SUT_j+TPP_j*LS) =$$
$$a*NL + b*NP + c*NP*SUT_j + c*NP*TPP_j*LS$$

– מספר המנות נמצא ביחס הפוך לגודל המנה:

$$NL=NP/LS$$

– ולכן:

$$II(j) = a*NL + b*NP + c*NP*SUT_j + c*NP*TPP_j*LS=$$
$$= a*NP/LS + b*NP + c*NP*SUT_j + c*NP*TPP_j*LS=$$
$$= NP*(a/LS + b + c*SUT_j + c*TPP_j*LS)$$

– מספר המסרים מהקו כולו הוא סכום המסרים מהתחנות:

$$II(S) = \sum_{j=1}^{NS} II(j) = NP * \sum_{j=1}^{NS}(a/LS + b + c*SUT_j + c*TPP_j*LS)$$

דוגמה:

איור 4 מראה את זמן העיבוד הנדרש כפונקציה של גודל המנות עבור קו ייצור, שנתוניו מפורטים להלן.

איור 5 מראה את כמות המסרים הנדרשים עבור אותו קו ייצור וכן את ארבעת האברים המרכיבים את הפונקציה.

נתוני קו הייצור:

מספר התחנות NS=10

מספר הפריטים NP=1024

זמן עיבוד ממוצע לפריט בתחנה
TPP=1 (דקה)

זמן כוונון ממוצע לתחנה
SUT = 120 (דקות) (=2 שעות)

המקדמים:

a=1

b=0.5

c=0.5 (II/day) (=0.001 II/min)

(יום עבודה הוא בן 480 דקות)

כפי שניתן לראות, במספר מנות קטן זמן הייצור ארוך מאוד, ולכן האבר הרביעי, שקשור לזמן שהותם של הפריטים בקו הייצור, הוא האבר הדומיננטי. במצב זה, כל הקטנה של גודל המנות מביאה להקטנה בנפח המידע. כאשר מספר המנות גדל, האבר הראשון שנוגע למנה עצמה מתחיל להיות דומיננטי, ואז הקטנת גודל המנות עשויה לגרום להגדלת נפח המידע.

דרכים לצמצום צרכי המידע

כדי להקטין את כמות המסרים מקו הייצור ואליו, יש לטפל הן בגורמים השונים של הפונקציה והן במקדמים.

א. **טיפול בזמני כוונון (Set Up)**

הקטנת זמני כוונון היא מרכיב חשוב בתאוריות ניהול הייצור החדשניות. כאן אנו רואים שיש לכך גם השפעה על מערכת המידע.

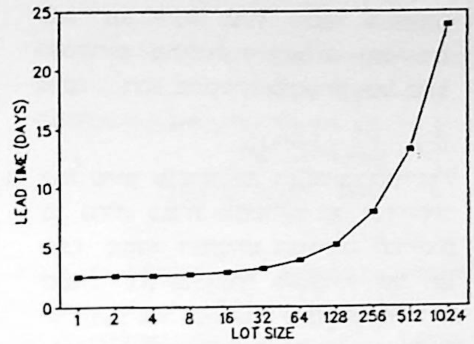
באיור 6 ניתן לראות את השינוי בזמני הייצור כפונקציה של גודל המנות. הנתונים הם נתוני קו הייצור הקודם, אך זמן הכוונון קיבל שלושה ערכים שונים:

1. SUT = 480 (דקות) (=1 יום עבודה)
2. SUT = 120 (דקות) (=2 שעות)
3. SUT = 30 (דקות)

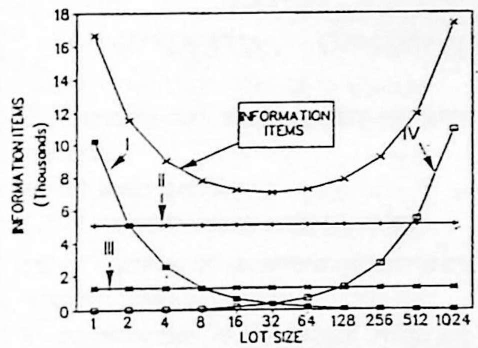
איור 7 מתאר את דרישות המידע עבור נתונים אלה.

ב. **הקטנת זמן הייצור**

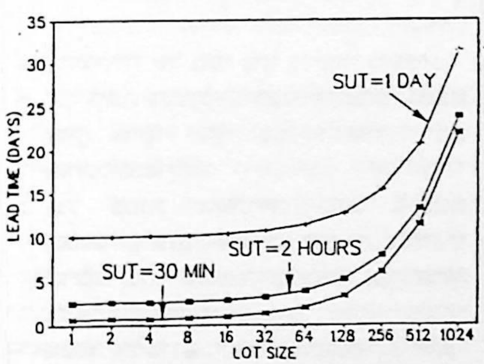
כדי להקטין את זמן הייצור ניתן לעשות מספר פעולות:



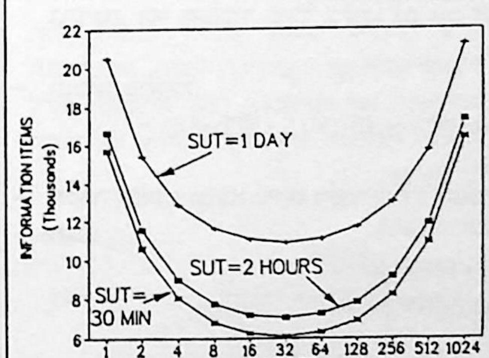
איור 4. זמן העיבוד הנדרש כפונקציה של גודל המנות



איור 5. מספר דרישות המידע כפונקציה של גודל המנות



איור 6. זמני הייצור כפונקציה של גודל המנות (SUT משתנה)



איור 7. דרישות המידע כפונקציה של גודל המנות (SUT משתנה)

1. **הקטנת זמן העיבוד**

הקטנת זמן העיבוד היא פועל יוצא הן של תאורית JIT והן של תאורית OPT.

באיור 8 ניתן לראות את השינוי בזמני הייצור כפונקציה של גודל המנות, כאשר הפעם זמן עיבוד פריט בתחנה מקבל ערכים שונים:

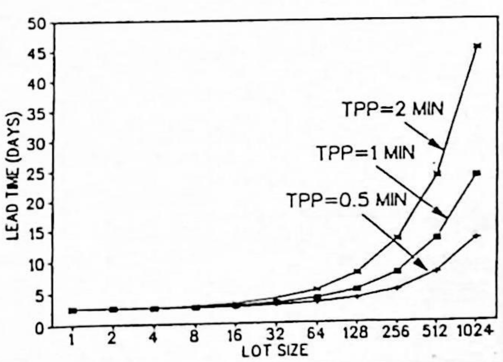
1. TPP=2 (דקות)
2. TPP=1 (דקה)
3. TPP=0.5 (דקה)

איור 9 מתאר את דרישות המידע עבור אותם נתונים.

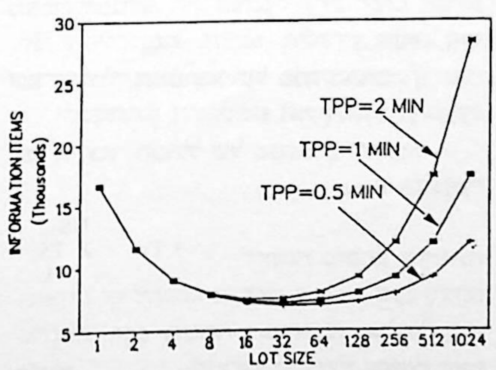
2. **הקטנת זמני ההמתנה**

בעית הבזבוז היא, לדעת רבים, הבעיה העיקרית של ניהול הייצור. זמני ההמתנה נמצאים אולי בראש רשימת מרכיבי הבזבוז. גם כאן, עבודה בשיטת OPT או JIT מביאה להקטנת גורם זה.

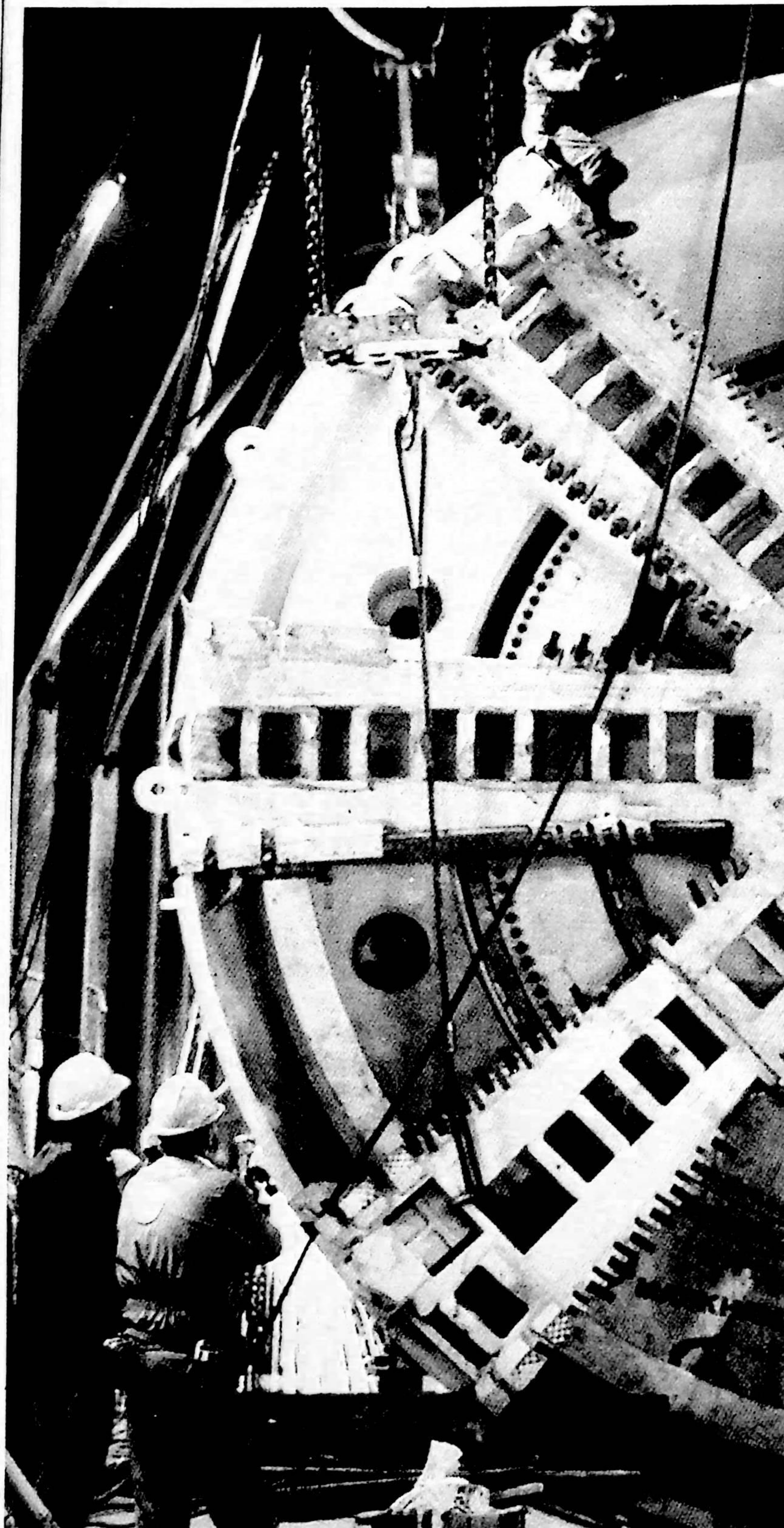
זמני ההמתנה נכללים במודל בתוך זמני העיבוד, והקטנתם תביא באופן מיידי להקטנת זמן הייצור, ועקב כך, להקטנת צרכי המידע.



איור 8. זמני הייצור כפונקציה של גודל המנות (TPP משתנה)



איור 9. דרישות המידע כפונקציה של גודל המנות (TPP משתנה)



3. **שיפור תחזוקת הקו** יביא לזרימה יותר חלקה של המוצרים בקו הייצור. שיפור התחזוקה הוא פועל יוצא של גישת תחזוקה מונעת כוללת (TPM).
4. **עבודה בקיט מלא** תביא אף היא לזרימה מהירה יותר של מוצרים בקו הייצור.

ג. **הקטנת דרישות המידע הנוגעות למנה** (הקטנת מקדם a).

דרישות המידע הנוגעות למנה בכללותה יכולות להשתנות במספר דרכים:

1. **כאשר זמן השהות של מנה בתחנה יורד מתחת לסף מסויים, המנהל אינו נזקק יותר למידע על מעבר של מנה מתחנה לתחנה.**

טענה זו תובן אם נסתכל על דוגמה קיצונית:

בקו ייצור בן 10 תחנות, הזמן לייצור מוצר כלשהו הוא חודש.

לקבלת מידע מושלם על זרימת מנה בקו יש צורך ב־11 הודעות על מעבר מתחנה לתחנה, או על סיום התהליך. נניח, שהצליחו להוריד את ה־lead time של מנה ליום אחד. למנהל אין כלל צורך בקבלת מידע מושלם על מיקומה של כל מנה בכל זמן. הוא יסתפק במידע על כך שהמנה יוצרה והועברה למחסן תוצרת גמורה (או, במקרה טוב יותר, היא הועברה ישירות לשוק).

יתרה מזאת, המנהל עשוי לטבוע בעודף אינפורמציה עקב הזרמת מידע מושלם על מיקומה של כל מנה בכל עת. שינוי הגישה עשוי לשחרר אותו לעיסוקים נוספים. מכאן, כאשר ה־lead time נמוך, צרכי המידע של מנהל הקו משתנים. יתכן שהמנהל יסתפק, במקרים מסוג זה, במידע תקופתי על מיקומן של המנות בקו הייצור.

במודל שלנו פירושו של דבר שניתן להקטין את המקדם a.

הערה:

עבודה זו מתייחסת רק לצרכי המידע של המנהל. אך הטענה האחרונה היא בעלת השלכות מעבר לכך.

אם נסתכל על המנהל עצמו, גם הוא יכול, עם הקטנת ה־lead time, להשקיע פחות זמן בטיפול בקו הייצור, ולכן, הוא יכול להתפנות לעיסוקים אחרים או

לצמצם את מספר אנשי המטה בקו הייצור.

2. ניתן להקטין את המקדם a ע"י ניהול בעזרת buffers. הרעיון כאן הוא, שבכלל לא דוגמים את כל התחנות, אלא רק את ה־buffers (15).

ד. **הקטנת דרישות המידע הנוגעות לפריטים במנה** (הקטנת המקדם b). המידע, הנדרש לגבי פריטים בתוך המנה נובע מסיבות בלתי רצויות. אם הייצור זורם חלק וללא בעיות, מספיק לנהל את המנה, ואין כלל צורך לנהל פריטים בתוכה. הסיבה לטיפול בפריטים נובעת מבעיות איכות ומבעיות חומרים. לכן, כדי להקטין את צרכי המידע, הנוגעים לפריטים במנה, ניתן:

1. לשפר את איכות המוצרים.
2. לבצע תחזוקה מונעת (תהיה לכך השפעה על איכות המוצרים).
3. להקפיד על עבודה בקיטים מלאים כדי למנוע את הצורך לטפל בחומר.

ה. **הקטנת דרישות המידע הנגרמות עקב שהות המנה בקו הייצור** (מקדם c).

1. שיפור איכות רכיבי הרכש עשוי להביא למיעוט תקלות ברכיבים שהזמן גורם להן, מה שיביא להקטנת צרכי המידע, הנובעים משהות המנה בקו הייצור.
2. תכנון נכון, ומחסומים מפני דרישות שינוי לא רציניות, יקטינו את הצורך בשינויים, ולכן, גם יקטינו את המקדם c.

מסקנות

במודל האנטרופיה התקבלה תוצאה ברורה המראה שניתן להקטין את צרכי המידע ע"י הקטנת גודל המנות. אולם, רווח זה אינו מושג מעצמו, ויש לחתור אליו ע"י אימוץ הגישות הניהוליות שתוארו בפרק גישות מתקדמות לניהול הייצור. תהליך הקטנת גודל המנות אינו יכול להיות מנותק מתהליכים נוספים. מנהל קו ייצור, שמעוניין להקטין את גודל המנות, מוטב לו שלא יתחיל בתהליך אם אינו מתכוון ללוותו בתהליכים נוספים, הנדסיים וניהוליים. תהליכים אלה כוללים:

א. הורדת זמני set up.
ב. הורדת זמן העיבוד.
ג. שיפור באיכות המוצרים.
ד. שינוי בתפיסת איסוף המידע*.

אם השינויים האלה יבואו במקביל להקטנת גודל המנות, המנהל יגיע למצב של הקטנת הצורך במידע.

ניתן להרחיב את היריעה ולראות את צרכי המידע גם כמדד לקושי בניהול וביכולת השליטה של המנהל בקו הייצור. מכאן, שגישת הניהול במנות קטנות כחלק מגישה ניהולית כוללת תורמת, נוסף ליתרונות הידועים שלה, גם להגדלת יכולת השליטה של המנהל במתרחש בקו הייצור.

סיכום

המאמר בחן את ההשלכות של מעבר לייצור במנות קטנות על מערכת המידע. הדעה המקובלת היא שייצור במנות קטנות דורש מערכת מידע חזקה יותר מאשר ייצור במנות גדולות, מכיוון שיש לנהל יותר מנות. דעה זו יוצרת התנגדות לשינוי, ועקב כך היא מעכבת את החדרתו לארגוני ייצור. תרומת המאמר היא בהפרכת דעה זו. הדבר נעשה בשתי דרכים:

א. בניית מודל האנטרופיה, הבודק את צרכי המידע של קו הייצור כפונקציה של גודל המנות. המאמר מראה, שהקטנת גודל המנה מפחיתה את רמת האנטרופיה, כלומר מקטינה את רמת אי הוודאות. עובדה זו מצביעה על כך שיש צורך בפחות מידע לניהול קו הייצור.

ב. בניית מודל לבחינת צרכי המידע ומציאת דרכים להפחתתם. דרכים אלה נגזרות כולן מתאוריות ניהול הייצור החדשניות.

המסקנה היא, **שכאשר המעבר לייצור במנות קטנות מלווה בגישה ניהולית תואמת, פוחתים צרכי המידע הדרושים לניהול קו הייצור.**

---

* במפעל מכניקה גדול בישראל שונתה מדיניות גודל המנות מבלי שנעשו 4 הפעולות הנ"ל. כתוצאה מכך, לאחר 6 חודשי עבודה חזרו סדרי העבודה ל"בראשית", כאשר גודל המנות הפך להיות כפול מגודלן לפני השינוי, עקב חוסר יכולת לשלוט בתהליך.

ביבליוגרפיה

1. אחיטוב, נ (1979), "השוואה בין מערכות מידע לאור מודל של זרימת נתונים", חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה", אוניברסיטת תל־אביב, יוני 1979.
2. Ahituv, N. & Neumann, S. (1990), *"Principles of Information Systems for Management"*, Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa, 1990.
3. Arrow, K.J. (1972), "The Value and Demands for Information", in McGuire and Rander (editors), North Holand, Amsterdam, 1972.
4. Deming, W.E. (1986), *"Out of the Crisis"*, MIT Center for Advanced Engineering Studies, Boston, 1986.
5. Drucker, P.E. (1990) "The emerging theory of manufacturing", *Harvard Business Review*, May–June 1990, pp. 94–102.
6. Floyd, B. & Ronen, B. (1989) "Where Best To System Invest", *Datamation*, November 1989, pp. 111–114.
7. Goldratt, E.M. (1988), "Computerized Shop Floor Schedualing", *International Jurnal of Production Research*, Vol. 26, No. 3, 1988.
8. Goldratt, E.M. & Cox, J. (1984), *"The Goal"*, North River Press, Crotton on Hudson NY, 1984.
9. Goldratt, E.M. & Fox, R.E. (1986), *"The Race"*, North River Press, Crotton on Hudson NY, 1986.
10. Kaplan, R. (1984), "Yesterday's Accounting Undermines Production", *Harvard Business Review*, July–August 1984, pp. 95–101.
11. Ronen B. & Karp A. (1991), "An Information Entropy Approach to the Small Lot Concept", Working Paper, Tel Aviv University, Faculty of Management, 1991.
12. Ronen, B. Starr, M.K. (1990), "Synchronized Manufacturing as in OPT: From Practice to Theory", *Computer and Industrial Engineering*, August 1990.
13. Schonberger, R.J. (1982), *Japanese Manufacturing Technics*, The Free Press, New York, 1982.
14. Schonberger, R.J. (1986), *World Class Manufacturing*, The Free Press, New York, 1986.
15. Schragenheim, E. & Ronen, B. (1991), "Buffer Management: A Diagnostic Tool For Production Control", Production and Inventory Management, Second Quarter, 1991.
16. Schragenheim, E. & Ronen, B. (1990), "The Drum-Buffer-Rope Shop Floor Control: an Application of Theory of Constraints", *Production and inventory Management*, Second Quarter, 1990.
17. Shanon, C.E. (1948), "A Mathematical Theory of Communication", *The Bell System Technical Journal"*, Vol XXVII No. 3 July 1948.
18. Starr, M.K. (1989), *Managing Production and Opertions*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1989.
19. Suzaki, K. (1987), *The New manufacturing Challenge*, The Free Press, New York, 1987.

השפעת הטכנולוגיה העתידית על תעשיות שנות התשעים

אסטרטגיה להערכות תעשייתית להתעדכנות מתמדת

ד"ר ישעיהו לנג, מנכ"ל ל.ד. מיחשוב וויועצים בע"מ, ס/יו"ר איתי"ם

מבוא

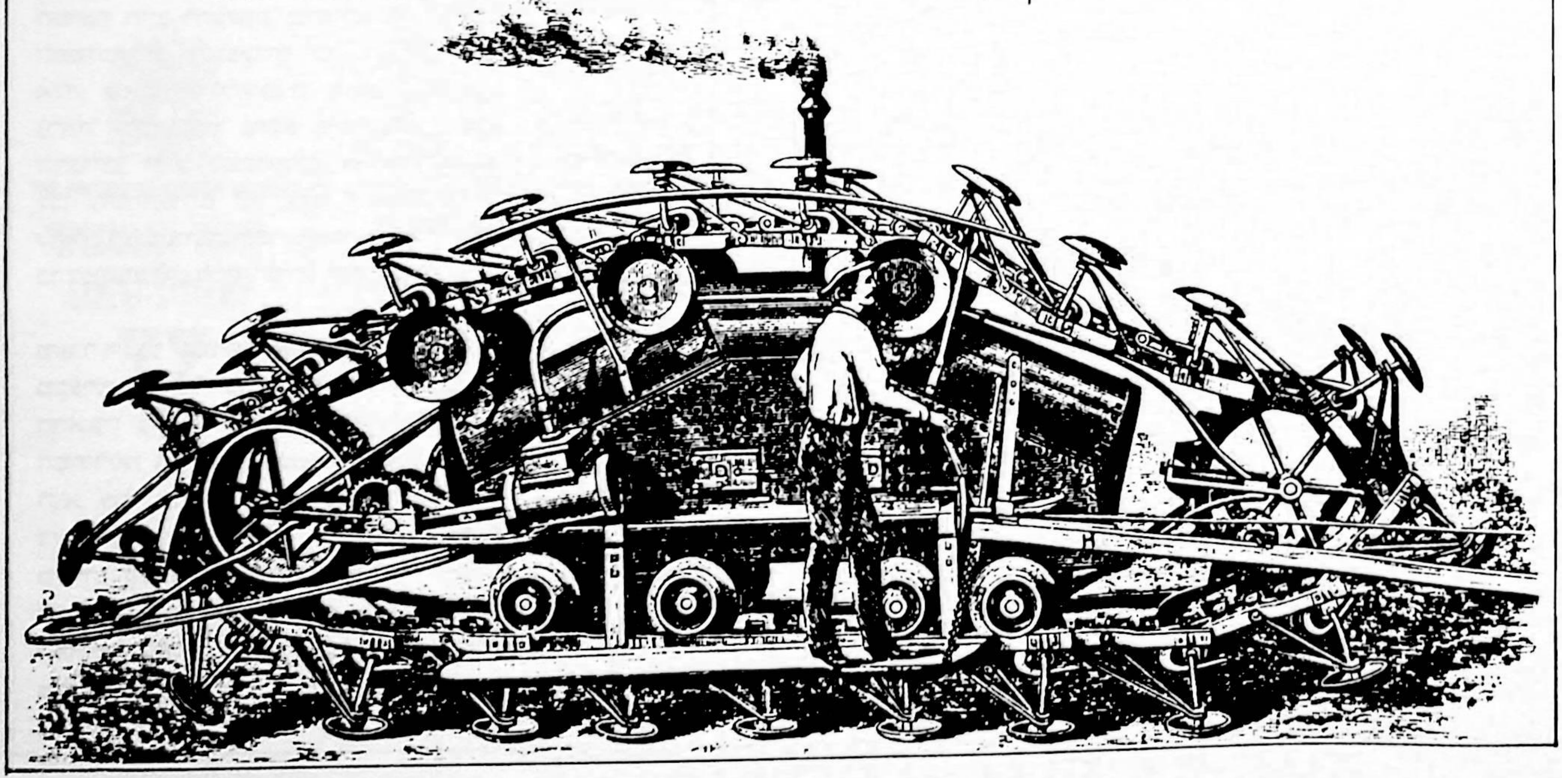
בעוד כעשרים חודש הידע האנושי יהיה כפול מן הידע הנוכחי. משתמע, כי הידע האנושי המדוד בסיביות (BITS) יהיה בשנת 2000 פי 512 מכפי שהוא היום. נהוג לראות בהתפוצצות אינפורמציה זו את המהפכה התעשייתית השלישית, כאשר הראשונה – במאה השמונה עשרה – מוכרת כמהפכת האנרגיה; השניה, בשלהי המאה התשע עשרה, מהפכת החומר וזו של ימינו, המהפיכה התעשייתית של האינפורמציה [PREI90].

לא כל הידע שנוצר בכל רגע ישים לשימוש תעשייתי, אבל החלק שנוגע לתעשיה מכל הביליונים של ה־גיגה־סיביות (gigabits), יהפוך את התעשיה על פיה. דרושה הערכות מיידית לקליטת חידושים טכנולוגיים. בראש וראשונה יש ליצור ערוצי יידוע שתפקידם להביא לידיעה חידושים טכנולוגיים קיימים, ופירוט טכנולוגיות חדשות נדרשות. כך יצרנים יוכלו לייצר מוצרים ישנים ביתר יעילות – מהר, באיכות גבוהה ובעלות נמוכה יותר – כדי לכבוש שווקים חדשים, ובו בזמן, אלה שמלאכתם בכך, יפתחו טכנולוגיה, יספקו צרכים ועל ידי כך יאפשרו לכח אדם מתוחכם נוסף להיות מגויס למאמץ לאומי, בהתאם ליכולתו.

הבעייתיות בהקמת תשתית יידוע מן הסוג הדרוש נובעת בעיקר מן העובדה, שהצרכנים המיועדים של הטכנולוגיות העדכניות, לא רק שאינם מבינים שהם צריכים אותן, אלא אף דמיונם אינו מגיע לתאור קיום אפשרי של טכנולוגיה מתקדמת באמת, כפתרון לבעיות קיימות.

צעדי הקידמה גדולים מדי; קיים נתק בין חזית הידע לבין מה שנתפש כישים בתעשיה. מובן לכן, שהתעשיינים לא ייזמו יבוא טכנולוגיות כאלה ובוודאי לא ישלמו בעד יבואן.

בעשור הקרוב, תעשיות שתשכלנה להטמיע חידושים באמצעים ובתהליכים, ותצלחנה להשביח סגל וצוותים, תוכלנה לקצור הישגים נאים, וללא ספק תקדמנה תעשיות מבוססות ששמרנותן הטבעית – הנובעת מגודלן וגילן – תהיה בעוכריהן. ישראל ממוקמת היום מצוין. העליה החדשה שיפרה את המבנה הדמוגרפי הישראלי, שהתאים לקידמה מואצת בלאו הכי. דרוש חוסר דרך־ארץ למקובל זה שנים ויכולת לקלוט שינויים וחידושים. התעשיה הישראלית לא ותיקה במידה מספקת בכדי להיות שמרנית, והעולים החדשים צריכים ממילא ללמוד הכל מחדש. פתיחות לחידושים היא גם פונקציה של רמת השכלה, הסיבה לכך טמונה בתהליך הקוגניטיבי שכרוך בביצוע של העובד [CARD83]. בו בזמן שמיומנות וביצוע עבודות שגרתיות כרוכים בתהליכי חשיבה אוטומטיים [NORM83], ביצוע משימות עם יעדים משתנים ורמת תחכום גבוהה כרוך בתהליכי חשיבה מבוקרים. ככל שההשכלה של עובד גבוהה יותר, הוא מחפש משימות שדורשות רמות תחכום גבוהות יותר; כאלה שהמיומנות בהם משחקת תפקיד נחות. הקידמה מובילה אותנו לקראת העברת נקודת הכובד מביצוע עבודות שגרתיות למחשוב רב־גוני עם מחשבים, רובוטים, תאי עיבוד ודומיהם. צרכני ייצור תעשייתי נוטים לדרוש משאבי אנוש משכילים יותר [SCHN84], יצירתיים יותר ומכניים, שגרתיים, "מיומנים" פחות.



מכאן, על מנת להתכונן לעשור הקרוב, על מדינת ישראל למצוא דרך לרכישתן והטמעתן של טכנולוגיות חדשניות. בחברה קפיטליסטית תפקיד רכישת טכנולוגיות מוטל על צרכני הטכנולוגיה, אבל אלה יוכלו לרכוש רק מה שהם מבינים שדרוש להם. תפקיד הבאת טכנולוגיות לידיעת צרכניהן העתידיים הוא תפקיד ממלכתי שצריך להתבצע באמצעות מערכת יידוע שתוקם לצורך זה. הצעות אופרטיביות לתיכון ותכנון של התשתית לכך, גורמי ביצוע ומימון מובאים במיסמך זה.

תיכון תשתית

מערך יידוע יש לתכן באורח הירכי – ארועים בינלאומיים עם מוזמנים ידועי שם בחזית הידע בענף הספציפי; ארועים ארציים המטפלים בנושא ספציפי בענף; ארועים מקומיים שאינם מטפלים בחידושים אלא בעדכונים ובשיטות נהוגות. היות שהפעילות נערכת בתאום, הנושאים מתקשרים ברמות השונות. מבנה כל הפעילות מקבל תצורה של מטריצה תלת-מימדית.

על אף שארגון קורסים אינו חלק ממערך יידוע, שכן עניינו הדרכה ולא יידוע, פעילות כזאת חייבת להתרחש בתאום עם מערך היידוע ומארגניו. ההבדל המרכזי בין השניים הוא ברמת המימון המרכזי. כל המימון חייב להעשות במשותף בין הגופים הממלכתיים שמופקדים על הנושא, לבין אלה שאמורים להיבנות ממאמץ היידוע (ראה להלן), אך נשא של קורס, מטבע הדברים, ידוע למתלמדים או לשולחיהם, לכן השתתפותם של אלה במימון צפויה להיות משמעותית יותר מאשר במערך יידוע בו המוטיבציה לבלתי נודע יזומה ממלכתית.

מערך יידוע טכנולוגי אמור להיות בנוי לפי מקצועות. לכל ענף ארגון יידוע משלו. הראשון בין כל ענפי הטכנולוגיה הגבוהה המודרנית (modern high tech) שיש לתקוף הוא ענף המחשבים, המסייע ישירות או בעקיפין לתיכון וייצור תעשייתי. תשתית מערך זה יכולה לשמש חלוץ ליצירת תשתיות עתידיות נוספות. את המבנה הפורמלי לחלוץ זה יש לתכנן לשנה, להסיק מסקנות ולהתפרס לכל שטחי ה־high tech בהמשך.

תכנון תשתית

המטריצה לפעילות שנתית חייבת להיות מתוכננת כך שתהיה קורלציה בין הארועים השונים. גודל הארץ ומספר אנשי המקצוע בכל ענף מחייב תאום שימנע כפילות ובזבוז משאבים. אין לקיים יותר מארוע בינלאומי אחד בשנה, ויש לדאוג לכך שארגונים משיקים בענף יתכנסו ויתאמו ביניהם מועד מתאים אחד. ארוע ארצי, בדרך כלל, כרוך ביבוא מומחים מחו"ל. על מנת לאפשר הזמנת מומחה, דרוש מספר מספיק של משתתפים כדי שתקציב הארוע יתאזן אפילו אם תינתן תמיכה ע"י הממסד. לכן, יש לקיים ארועים ארציים תוך הקפדה על נצילות מירבית. יעילות מערך יידוע נמדדת, בין היתר, ע"י מערכת שיווקית שמביאה לידיעת כל ציבור היעד את המועדים והנושאים של המפגשים השונים. ערוצי הפצת המידע חייבים להיות אמינים וידועים.

מי מבצע

תשתית ליידוע מושתתת על אנשי מקצוע. הם חייבים להיות מודעים למתרחש בעולם וחסרי אינטרס אישי בנושא שבטיפולם, על מנת ששיקוליהם יהיו אמינים ומעל לחשד. מטבע הדברים, המועמדים לתפקיד ריכוז הנושאים הם המלכ"רים הישראליים במקצועות המתאימים למשימה. משום שהגוף שבראשו הם עומדים אינו למטרות רווח, אין חשש לשיקולים זרים. אנשי מלכ"ר ישראלי במקצוע מסוים יבינו גם איזה נושא ראוי למאמץ ממלכתי המושקע בו.

מי מממן

מימון פעילות של יידוע צריך לבוא, עקרונית, מהמוטבים; לאמור, מהתעשיה. למעשה, הדבר אפשרי רק כאשר הם רואים את התועלת הנובעת מהשקעתם בידע הנדון. ככל שמאמץ היידוע יעסוק בחידוש מהפכני יותר, כך יש סיכוי קלוש יותר להבנתם של המוטבים הפוטנציאליים במידת החשיבות של הנושא. מכאן נבע שככל שהנושא בטיפול יותר חדיש כן הוא זקוק יותר לתמיכה ממלכתית. מלכ"ר, מטבע הדברים, אין לו משאבים שבאמצעותם יוכל להרים מבצעים הראויים לטיפול. מצד שני, הממסד הינו בעל אמצעים אולי, אך חסרים לו זרוע ביצועית ואנשי מקצוע שמוכנים להתאמץ בחינם למען מטרה טובה. מכאן, כי שיתוף פעולה בין המלכ"ר לבין המימסד הוא תנאי לשיפור מעמדה של ישראל התעשייתית.

שיטת המימון צריכה להבטיח את פעילות היידוע של המלכ"ר, או במילים אחרות, לתת בסיס מוסכם לפעילות היידוע כך שימנע הפסדים מן המלכ"ר במידה ומספר האנשים שיבינו את צרכי השעה לא יבטיח שמירה של מאזן חיובי.

אין ספק כי הצלחה גדולה טמונה במלאכה המוצעת, והעוסקים בה יתברכו בעמלם. קרוב לוודאי שאין מעשה היום, בימי העליה הנוכחית, שיכול להיקרא "בנית הארץ" ביתר הצדקה.

ביבליוגרפיה

CARD83 Card, S.K., Moran, T.P., Newell, A.: The Psychology of Human-Computer Interaction, Hillsdale, NJ: Erlbaum 1983

NEWE72 Newell, A., Simon, H.A.: Human Problem Solving, Englewood Cliffs, NJ: 1972

NORM83 Norman, D.A.: Some Observations of Mental Models. In: Mental Models. Edited by Gentner D. & Stevens A.L., Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Assoc. 1983

PREI90 Preiss K., Nagel, R.N., Krenz, K.A.: Design and Manufacturing in an Information-Limited Environment. Lehigh University, Bethlehem, PA 1990 (Unpublished)

SCHN84 Schneider, W., Lind, M., Allard, R., Sandblad, B.: Human Cognition and Human Computer Interaction. In: Van der Veer G.L., Tauber M.J., Green T.R.G., and Gorny P.: Reading on Cognitive Ergonomics Mind and Computers Proceedings of the 2nd European Conference, Grunden, Austria 1984, Springer-Verlan Berlin Heidelberg New York Tokyo

ES 91

17–18 SEPTEMBER 1991

ROYAL SOCIETY OF ARTS LONDON

THE BRITISH COMPUTER SOCIETY

SPECIALIST GROUP on EXPERT SYSTEMS

Introduction

The eleventh annual conference of the British Computer Society's Specialist Group on Expert Systems is to take place at the Royal Society of Arts, London on the 17th and 18th September, 1991. In addition to the technical conference, a whole day is now devoted to applications of expert systems in manufacturing. A gala dinner is also planned, at which this year's winners of the DTI Manufacturing Intelligence Awards will receive their prizes.

Conference Chairman
Dr Robert Milne, Intelligent Applications Ltd
Programme Chairman
Prof Max Bramer, Portsmouth Polytechnic

Technology Update

Tuesday 17th September

The latest developments and directions in expert systems technology.

Example topics include:

- Expert systems methodologies
- The latest Object Oriented Techniques.
- The best current techniques for Knowledge Acquisition.
- An overview of the latest generation of tools.
- What is new and upcoming in AI languages
- What is new and upcoming with expert systems and databases.
- Task specific shells, model based and qualitative reasoning.

Presented by the leading experts.
For computer professionals who would like to be brought up to date on the latest technical aspects of expert systems.

Practical Expert Systems in Manufacturing

Wednesday 18th September

The latest techniques and applications of expert systems in manufacturing. This is *the* definitive focus of expert systems activity in manufacturing in the UK.

Example topics include:

- Overview of expert systems applications in manufacturing in the UK.
- Process and part planning.
- Factory scheduling.
- Strategies for making expert systems work in your company.

In addition to the above there will be presentations by the four finalists from this year's DTI Manufacturing Intelligence Award.
For managers and implementors of computer systems manufacturing organisations.

Gala Dinner

This year's Gala Dinner, to be held at the Café Royal on the evening of Wednesday 18th September, is an occasion for the whole expert systems community.
Alan Sugar, Chairman of Amstrad plc has agreed to present the valuable prizes for the 1991 DTI Manufacturing Intelligence Award at the dinner.

Exhibition

A small exhibition supported by suppliers of expert systems products and services is planned to accompany the ES91 conference.

400 סיבות למולטי מחשב יבמ AS/400

יבמ מציעה לך עכשיו פתרונות עיסקיים התפורים בדיוק לתחום העיסוק שלך ויכולתך התקציבית ומבוססים על טכנולוגיה מתקדמת ביותר במחיר ללא תקדים!

אחד עשר דגמים חדישים במשפחת מולטי מחשב יבמ AS/400 יאפשרו לך ליישם פתרונות עיסקיים לשיפור וייעול תהליכי הניהול ויעניקו לך יתרונות תחרותיים נוספים.

דגמי המחשבים השונים, בטווח רחב של מחירים ועוצמה, מתאימים למגוון רחב של צרכים בניהול העסק הקטן והבינוני בתחומי הייצור, השיווק, ההפצה, כח האדם, השרות והפיננסים.

מחשבי יבמ AS/400 מתקדמים בעיצוב ובטכנולוגיה ועם זאת פשוטים בתכלית וקלים להפעלה ולתחזוקה. למערכת תמיכה אלקטרונית מושלמת, יכולת תקשורת מתוחכמת ואלפי תוכניות יישום.

עבור מאות עסקים ואירגונים בישראל ואלפים בעולם- מעסק קטן ומקומי ועד מערכות עיסקיות מורכבות- מולטי מחשב יבמ AS/400 כבר מהווה חלק בלתי נפרד בניהול העסק ויש לכך לפחות 400 סיבות טובות!

בוא וגלה גם אתה את הסיבות המיוחדות לך

טלפן אלינו על חשבוננו
177-022-3888

או מלא ושלח את התלוש
מומחה יבמ לתחום העיסקי שלך יתקשר אליך.

יבמ IBM

007.



ליבמ AS/400 מגוון רחב של תוכניות יישום שהוכיחו עצמן לאורך זמן. בקלות תוכל למצוא את הפתרון הנחוץ לך.

013.



במשפחת יבמ AS/400 מגוון מחשבים, מדגמים לעסקים קטנים ועד מערכות גדולות המשרתות אלפי משתמשים פעילים.

015.



יישומים של יבמ AS/400, ממקורות תוכנה שונים, ניתנים להפעלה בו זמנית תוך שימוש באותו בסיס נתונים.

073.



הוצאות האחזקה של יבמ AS/400 נמוכות, הודות לאמינותה הגבוהה של המערכת ומרכיביה השונים.

192.



למחשב יבמ AS/400 יש יכולת איבחון עצמי המאפשרת העברת מידע ישירות ליבמ לצורך קבלת שירות.



001.

מחשבי יבמ AS/400 החדישים
טכנולוגיה מתקדמת במחיר מפתיע
הפתרון לכל עסק!

259.



בתי תוכנה רבים, העובדים עם יבמ, מפתחים כל אחד בתחום התמחותו, פתרונות עסקיים מגוונים לבעלי AS/400.

358.



יבמ AS/400 היא מערכת מודולרית המאפשרת גידול גמיש ומדורג בעת הרחבת המערכת, ושומרת על ההשקעה לאורך זמן.

לכ' יבמ ישראל בע"מ - מרכז קידום השיווק
רח' ויצמן 2 תל-אביב 64239
אבקש מידע נוסף על מחשבי יבמ AS/400 החדישים.

שם: .... משפחה: ....

שם החברה/תפקיד: ....

כתובת: ....

טלפון: ....